

# 因核而生？

## 台灣與南韓的核能開發體制（1960s-1990s）

劉華真

國立台灣大學社會學系副教授

台灣與南韓的核電開發，從 1980 年代中期開始，就呈現停滯與擴張兩種相反的趨勢。要解釋這項差異，不能僅從反核運動的強弱著眼，而必須追溯兩國從 1960 年代以來如何打造出兩種不同的核能開發體制。台灣在兩岸軍力失衡且缺乏安全保證的條件下，將大量人力與經費投入原子彈研發，一方面排擠了核電部門的研究人力與預算，另一方面也無法打造核電內需市場帶動技術轉移、產業化與核工系所的擴張。南韓則被納入美國於東北亞的核保護傘，將資源大幅投入民用核能開發與核電機組增建，並修改核電內需市場的進場規則，讓韓國原子力研究院與韓國電力公社為首的開發機構，一方面從外國公司進行技術轉移，另一方面再由研究機構的衍生公司來執行設備、燃料製造國產化。南韓核電內需市場的擴張，也創造了數波成立大學核工系所的熱潮，進而造成「應用研究—技術轉移—產業化—人才培育」的循環。

關鍵詞：核能開發體制、核武計畫、核電產業、技術轉移、地緣政治

---

台灣社會學第 44 期（2022 年 12 月），頁 1-60。

收稿：2021 年 12 月 7 日；接受：2023 年 3 月 16 日。

\* 通訊地址：10617 台北市羅斯福路四段一號，國立臺灣大學社會學系

Email: hjliu@ntu.edu.tw

## To Go Nuclear or Not? Nuclear Regimes in Taiwan and South Korea, 1960s-1990s

Hwa-Jen Liu

*Associate Professor, National Taiwan University*

From the mid-1980s, the nuclear expansion projects of Taiwan and South Korea led to different outcomes. This article contends that the root cause for these differences can be traced back to the creation of diverging nuclear regimes in the 1960s. Facing a nuclear-armed rival and lacking a security guarantee from the U. S., Taiwan poured manpower and financial resources into its atom bomb project, and yet this did not yield research and development benefits to the civilian uses of nuclear energy. Planners and technocrats were unable to foster a domestic market that would incubate indigenous manufacturing and facilitate foreign technology transfer. In contrast, South Korea was under the U.S. nuclear umbrella and devoted the majority of its science and technology resources to civilian nuclear technology. South Korea continuously approved new reactor projects and formed an expanding, yet protected, market to nurture the designated national champion, KEPCO. In order to bid in the stringently regulated market, foreign capital had to promise technology transfers to the state-sponsored research institute (KAERI) and to indigenous manufacturers of nuclear fuel, turbines, and steam supply systems. Once these manufacturers matured, they were all incorporated into KEPCO and became its subsidiaries.

*Keywords: Nuclear regimes, nuclear weapon programs, nuclear industry, technology transfer, geopolitics*

台灣與南韓欠缺自然資源，高度仰賴進口能源，並在二戰後採取「廉價電力支持高速經濟成長」的發展模式。兩國同樣從 1950 年代中後期接受美國「原子能和平用途」的全球宣傳，逐步打造國內的核能開發體制。從兩國核能開發的發展時序來看，台灣在 1955 年 7 月 16 日、南韓在 1956 年 2 月 3 日與美國簽訂民用原子能合作協定，隨即展開一系列的核能技術人才的交流與教育訓練；接著兩國在國內籌備開發核能所需的各種基礎建設：簽訂並批准與原子能相關的國際條約，建立監管核能開發的政府機構，設立國家級核能研究中心，延攬海外核能人才歸國，並在高等教育之內設立培訓核能人才的系所，分批派遣研究人才赴海外深造原子能科學。除了設立研究機構與培養科技人才，兩國的經建部門同樣在 1968 年批准核電廠興建計畫，而石油危機更使兩國走上核電擴張的路徑（Yager 1979）。然而，從二十一世紀回望這項全然由國家規劃執行的核電開發計畫，台韓呈現非常不同的圖像。

根據兩國核子反應爐建造資料（見圖 1、2 及附錄 1、2），從 1972 至 2022 年，台灣總計興建 8 座發電用核子反應爐，其中 3 座已除役，2 座始終未完成興建；南韓興建 30 座反應爐，其中 2 座已除役，4 座目前興建中。圖 1、2 所呈現的是，南韓選擇了積極擴張核電、發展本土核電產業的路線，台灣則有核電開發受到抑制的趨勢。這項分歧出現在 1980 年代中期，南韓不受三哩島與車諾比核災影響，持續增加反應爐的數量；而台灣到三哩島核災發生 20 年後，才開始建造新的反應爐。再者，如果將反應爐興建時間（lead time）視為國家推進核電開發與社會反彈兩種力量彼此作用的結果，南韓的興建時間初期維持在 5 年上下，一直到 2008 與 2009 年的三座反應爐，興建時間增至 6 到 9 年不等，而 2012 年興建的反應爐，建造時間已可預期會超過 9 年。南韓近年來核電廠建造時間的增加，或受 2011 年福島核災的影響，國內反核的聲浪加大，進而拖長了建造工期。台灣在 1970 年代興建的 6 座反應爐興建時間與南韓相當，都是 5 年左右，但在三哩島核災之後提出的核四計畫，先是花了 20 年左右才拿

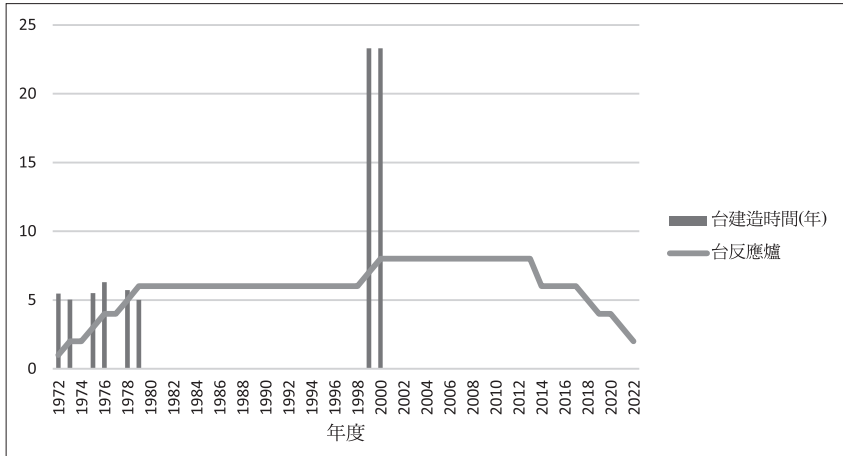


圖 1 台灣核子反應爐數量與建造時間

資料來源：IAEA (2022)、World Nuclear Association (2021)、原子能委員會 (2022, n. d.)。  
 說明：反應爐總數已扣除除役之反應爐；任一反應爐建造時間，由建廠許可發照日起算至開始發電日期 (first grid date)。尚未完成興建之反應爐 (不論持續建造中或停工)，其建造時間計算至 2022 年 6 月 30 日。

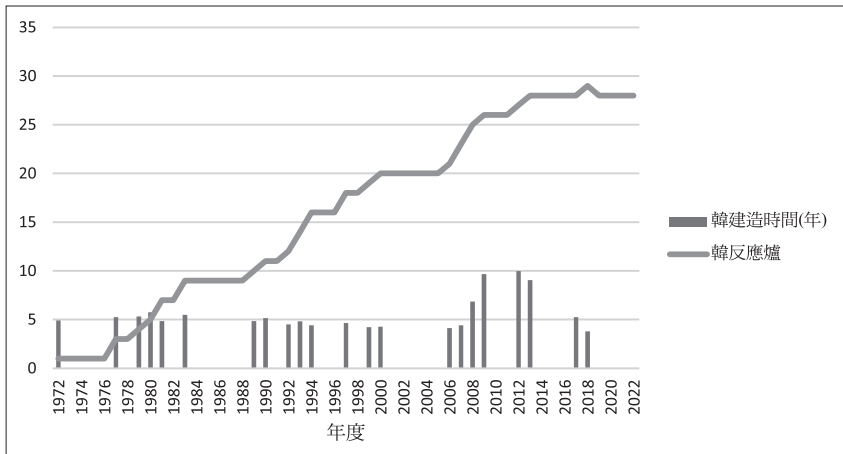


圖 2 南韓核子反應爐數量與建造時間

資料來源：IAEA (2020, table 5)。  
 說明：反應爐建造時間計算原則同圖 1。南韓常有 1 座以上反應爐在同一年開始建造，因此取同年興建所有反應爐之建造時間的平均值。南韓最新一座完工的反應爐始於 2009 年，之後的 4 座反應爐目前都仍在興建中，因此其建造時間呈現遞減。

到建廠許可，接著花了 23 年仍未完成興建。

除了核電機組數量擴張上的差異，南韓從 1989 年裝設自行設計之「韓國型」反應爐，並在 1997 年實現了 1976 年第四次五年計畫的設定目標，即以公營企業領軍「核電國造」（홍덕화 2019: 79）。至於台灣，早在 1968 年的〈科學發展計劃綱要〉就已經明列將開發新型反應爐（科學發展指導委員會 1968b: 130）；在 1979 年審議台灣能源政策時，台電也表示繼第一期 6 部機組的核電開發計畫後，預計將在 1988 到 1990 年間興建 4 座核電機組（經濟建設委員會 1979）。行政院也在 1980 年代初期，批准台電利用民營公司引進核電技術，籌組台灣核能公司（劉素芬訪問 2020: 196, 208, 210），以期自力自建國產核電廠（聯合報 1981）。但是，從 1980 年代中期開始，台灣就進入冗長的「核四興建與否」的政策反覆，從 1985 年起不再有新核電機組加入運轉，遑論發展本土設計與技術創新。

## 一、文獻回顧與研究方法

要如何解釋台韓核電開發的表現差異？在眾多跨國比較研究中，如果控制政體類型、國內資源稟賦（resource endowment）與工業化進程，最能直接回答這個問題的，是金聖哲與鄭有善針對福島核災之後台日韓核電政策的比較研究（Kim and Chung 2018）。他們認為各國內部的核能利益結構與核電爭議政治化的程度，此二者的交互作用造成台日韓的核電政策在福島核災後走向分歧（pp. 109-110）。台灣有著簡單的利益結構，僅有國營電力公司，沒有核電出口部門。反核行動者僅需全力對抗國家，不必與國家之外的多重擁核利益集團對抗，而核電爭議也因為反核運動與民進黨的結盟發生在中央政府的層級，使得福島核災後，台灣能夠扭轉既定政策並走向廢核（pp. 114-115）。與之相對，南韓的核能利益結構複雜，既有官民協力的核電產業，又有核電出口部門，使得反核行動者面對多重擁核利益集團的圍攻，加上核電爭議多侷限於地方層次，以致於難以扭轉既有的擁核

政策 (pp. 117-119)。

金、鄭的文章引出一個更加關鍵卻未被回答的歷史問題：為什麼台灣沒有發展出核電產業，南韓卻有龐大的官民協力核電集團？要解釋台韓核電擴張的表現差異，就無法迴避「兩國為什麼打造出規模相差甚鉅的核能開發體制」這個根本問題。本文參考法國技術政治體制 (technopolitical regimes) 以及日本核電產業複合體 (nuclear industrial complex) 的討論 (Hecht 2009: 56-57; Yoshioka 2005: 80)，將「核能開發體制」(nuclear regimes) 定義為：(1) 為了從零到有進行民用與軍用核能開發，在政策、研發、產業、教育面向進行的一系列制度建造 (institution building)；(2) 這些「因核而生」的機構之間，就目標設定、人力與財務資源所產生的競合關係；(3) 機構間的互動與整合模式所呈現的總體特徵 (見圖 3)。圖 3 中有關政策、研發、產業、教育機構間的關係，參考了核能開發文獻與發展型國家中有關產業發展的討論 (王振寰 1995, 2007；瞿宛文 1995；홍덕화 2016, 2019; DiMoia 2010; Hayes 1992; Lee 1975; Lee 2011; Park 1992)；而核能開發體制如何與外國核能公司、技術輸出國產生連結，則受益於非核擴散、全球核電市場與技術轉移的作品 (Boardman and Keeley 1983; Brenner 1999; Fuhrmann 2009a, 2009b; Ha 1978; Hersman and Peters 2006; Hymans et al. 2001; Joskow 1976; Kroenig 2010; Lee 1997; MacKenzie and Spinardi 1995; Roehrig 2017; Solingen 2007)。由於台韓並不屬於二戰後第一批開發核武與核電的國家 (美國、蘇聯、英國、法國)，因此本文處理的是技術接收國 / 後進國的核能開發體制。

吉岡齊 (Yoshioka 2005: 80, 87-89) 曾說日本的核能開發有意識地排除了軍事應用的面向，而民用核電開發則呈現兩極構造 (a bipolar structure)，一派由通產省、電力公司、重型設備製造商 (三菱、東芝、三井) 組成，對引進的美國輕水反應爐進行研發改進，目的是反應爐的商用化；另一派則是科學技術振興機構 (Japan Science and Technology Agency)，負責重水反應爐與其他前沿研

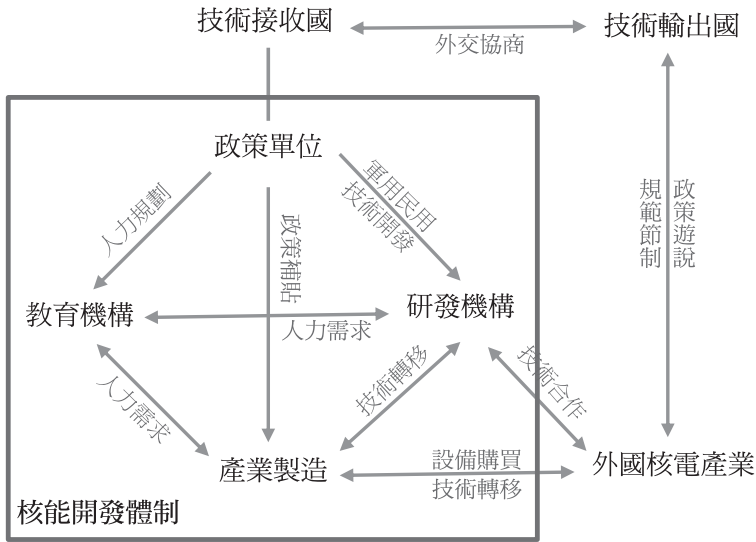


圖 3 核能開發體制

資料來源：筆者改寫自 Yong S. Lee (Lee 1997: 7, Figure 1.1)。

究，主張技術獨立並開發日本獨有的反應爐技術。通產省一派很快就取得上風，科學技術振興機構被邊緣化，但兩派之間並沒有激烈而公開的衝突，仍維持一定的合作關係。Gabrielle Hecht 研究法國原子能委員會 (Commissariat à l'Énergie Atomique) 與左派主導的法國電力公司 (Électricité de France)，分析兩機構成員的意識形態、論述、權力關係與技術選擇，指出兩機構蘊含不同的技術政治體制 (technopolitical regimes)。兩者雖然都追求法國核能開發的獨立性與技術實力，但法國原子能委員會關注核武潛能，法國電力公司則強調反應爐的經濟可行性，兩機構對公共利益和國家未來的看法大不相同，使其在反應爐形式的選擇與設計上產生一系列衝突 (Hecht 2009: 88-90)。

歷史資料豐富飽滿的單一個案研究，並不能直接回答哪些因素導致不同國家的核能開發體制走向分歧。若從比較研究的角度來看，相較於日本與法國，台韓核能開發體制的構造有以下幾個特點。首先，台韓都曾在冷戰期間祕密開發核武，這與日本核能的非軍事用途不

同。再者，二戰之後法國的人力與技術準備（technical preparedness）遠高於台韓，既有參與曼哈頓計畫的科學家，又有諾貝爾化學獎得主約里奧 - 居禮（Frédéric Joliot-Curie）坐鎮，與台韓的從零開始並不相同。最後，日本與法國的核能開發接受議會和民意的監督；台韓核能開發即使在威權時期，也不必受公眾與議會檢驗，只由一小群官僚與科學家規劃執行。

然而，即便台韓有這些共通點，卻發展出大不相同的核能開發體制。針對此一謎題，本文從以下兩方面入手。第一，台韓引入政治上高度敏感的核能技術，一方面涉及兩國在東北亞地緣政治中位置的變動，另一方面涉及經濟發展的用電需求，這造成國防單位與經建部門的競爭拉扯，最後體現為軍用核武與民用核電在兩國核能開發體制中不同的權重。第二，台韓如何實現核能技術本土化，關連到兩國針對財務規劃、內需市場、技術轉移、產業化的不同作法。這部分已有許多比較台韓發展型國家的研究，即使主題並非核能，而是石化、電子、造船、鋼鐵等產業，仍有很高的參考價值。本文特別將焦點放在核能開發的財務規劃與政府預算分配，這也是現有核能開發體制文獻中較少處理的部分。

更進一步來說，必須先理解台韓核能體制的差異，才有助於我們理解兩國之後反核運動的樣貌。台韓核能開發體制在 1970 年代成形，反核運動則出現在 1980 年代中後期。發生在前的核能開發體制，會牽制反核勢力的成長與擴大，並影響核能爭議將以何種型態出現。要從「擁核、反核勢力的對比關係」的角度來解釋台韓核能開發的表現差異，第一要務就是追溯兩國為什麼會打造出相差甚多的核能開發體制，接下來才是勾勒台韓反核運動如何在此開發體制業已成形的條件下出現，並以各種政治行動企圖減緩、偏離、阻擋這台加速飛奔的擁核列車。最後才是評估兩方勢力對撞所造成的短期與長期後果。有鑑於既有文獻缺乏台灣核能開發的貫時性研究，本文將焦點集中在台韓如何打造各自的核能開發體制，特別是其中不同行動者的協作與衝突關係，並比較兩國核能開發體制的結構性差異。至於這將如

何影響兩國反核運動的型態，以及此運動對核電擴張政策造成的後續衝擊，則有待另文書寫。

本文採用歷史比較方法，資料來源包含政府檔案、官方統計、回憶錄及各種機構年史。台灣部分大量使用一手政府檔案，南韓則分析已出版的二手文獻為主，部分政府出版品為輔，並同時仰賴台韓新聞資料庫進行資料比對。蒐集台灣政府檔案資料的方式，或可稱之為「滾雪球式的檔案追蹤」。現有文獻對於核武與核電的關連著墨不多，因此筆者利用國家發展委員會檔案管理局與國史館資料庫搜尋以下標的：創建核能開發機構的事前討論，核武與核電開發的具體作為，以及核能開發的財務規劃。一開始以核武、原子能、核電廠、原子能委員會、核能研究所、桃園計畫、新竹計畫、吳大猷、唐君鉞等關鍵字進行搜尋，閱讀完第一批資料後，挑出不甚清楚其作用的計畫與團體，如科學發展計畫、中興顧問社、賀尼克訪問團，再次進行名稱搜尋，以此循環往復，直到搜尋結果與先前資料大量重疊達到飽和。回憶錄與機構年史的處理方式，也是記錄重要事件、團體、人名，再從檔案局與國史館做進一步搜尋。粗估大約進行 6 輪的關鍵字查找，收集約 7,500 頁的政府檔案，勉強拼湊出台灣核能開發體制中機構間的彼此關連。南韓部分已有相當成熟的研究，特別是 Deok-Hwa Hong 的博士論文與專書（홍덕화 2016, 2019），因此本文仰賴韓國電力公社、韓國原子力研究院出版的機構年史以及其他專書，進行二手文獻的分析與整理。

本研究並未針對核能開發的機構成員進行深度訪談，而且目前公開討論核能開發（尤其是核武）參與經驗的回憶錄並不多，因此本文無法像 Gabrielle Hecht 以機構成員的主觀詮釋來分析核能開發背後的意識形態與論述基礎，這是令人遺憾的資料缺漏，仍有待後續研究加以補足。

## 二、台韓核能開發的歷史背景

核能這項技術同時包含武器原料與動力來源兩種性質。前者涉及國安議題與軍事政策，後者則和產業發展與能源需求有關。台灣與南韓之所以在 1960 年代選擇開發核能，就同時鑲嵌在國安危機與經濟產業發展這兩大背景中。

首先是亞洲戰略情勢的改變，美國一方面為了從越戰的泥淖脫身，另一方面在「聯中制俄」的戰略框架下，宣布從亞洲盟邦撤軍，因此造成台韓的國安危機。台灣核武開發的起點，是中國 1964 年的核子試爆。接下來一系列的國際事件——退出聯合國、尼克森訪中簽訂〈上海公報〉、美國撤出部署於台灣的核子武器，台美斷交，中止〈中美共同防禦條約〉——除了使國民黨政府面臨正當性危機之外（王振寰 1989），美國結束與台灣的軍事同盟關係，意味著台灣失去核保護傘，<sup>1</sup> 直接面對中國的武力威脅。台灣從 1960 年代中期開始，就走在國際孤立、兩岸軍力逐步失衡的鋼索上，這使得兩蔣有非常高的開發核武動機，企圖以核威懾（nuclear deterrence）增加國防安全的籌碼。

南韓開發核武的背景，一方面是北韓打造了全球第六大的軍事武力（Solingen 2007: 82），加上南韓協助美國出兵南越，而北韓為了支援北越，屢屢對南韓發出軍事挑釁的訊號，例如北韓在 1968 年以游擊戰騷擾南韓的次數大增，同年北韓間諜潛入南韓企圖刺殺朴正熙，接著北韓扣留美國艦艇普韋布洛斯號（USS Pueblo），1969 年又在日本海擊沈美國 EC-121 的空中預警機（New York Times 1968a, 1968b; Pollack and Reiss 2004: 261）。緊接著 1970 年金日成歷史性重訪北京，讓南韓擔憂「北韓與中國聯手，共謀籌劃第二次韓戰」（金

---

1 核保護傘一詞，指的是當與美國簽有共同防禦條約的盟國遭受攻擊，美國會出兵協防，包含使用核子武器。目前處於美國核保護傘下的包含北約、日本、南韓。本文因此以核保護傘指稱美國提供安全保證（security guarantee）。

俊植 2021: 37)。促使南韓走向開發核武的導火線，是尼克森未諮詢亞洲盟邦就在 1969 年宣布「關島主義」(Guam doctrine)，要求各亞洲盟國負擔本國防務及分攤軍費，有撤回美國安全承諾之嫌。尼克森訪中並簽訂上海公報同時震驚日本與南韓政壇，更讓南韓擔憂成為下一個被美國拋棄的台灣 (Solingen 2007: 83)。即使在朴正熙的強烈抗議下，尼克森仍然在 1971 年撤出駐紮於南韓的美國陸軍第七步兵師，將韓半島上的美軍兵力由 7 萬多人縮減至 44,000 人 (Paul 2000: 121)，更讓南韓領導人憂慮的是，美國可能在 5 年內全數撤出美軍與戰略核子武器 (Hymans et al. 2001: 97, 104)。這一系列的事件讓韓美軍事同盟出現裂痕，促使朴正熙在 1970 年代初期下令開發核武。

核能開發的第二個背景，是台韓的戰後重建與工業成長造成能源需求快速擴張，引發經建部門對於電力短缺的憂慮。根據台灣電力公司的預估，1965 至 1968 年電力需求年平均將成長 13.2% (台灣電力公司 1963: 1)，南韓的部分從 1962 年啟動第一次五年經濟發展計畫後，電力需求以每年 15% 的速度成長 (Yun 2015: 128)。以台灣電力部門為例，在評估國內自有資源多寡<sup>2</sup>與能源進口對財政和國安的影響之後，台電在 1963 年主張將核電納入能源選項，未來以核電作為供電主力：

依據上述分析與發電成本計算，以及天然資源之最佳利用，顯見台灣發展原子能發電擔任電力基本負載，即使在目前，已處有利情勢。原子能發電工程之規劃與施工需時較長，如需以原子能電廠擔任基本負載，以供應急需之可靠電力，則原子能發電工程，目前即須積極進行，不應遲緩。(台灣電力公司 1963: 7)

---

2 台電認為台灣所需電力難以水力發電補足，因為「台灣之水利資源雖似豐富……但由於流量變動太大，缺乏良好蓄水庫廠址……其建設費用，仍較其他方式為高」(台灣電力公司 1963: 2)。

為維持高速經濟成長，兩國在 1960 年代中期開始將核電視為穩定電力來源的重要選項，並同樣在 1968 年批准興建核電廠。1973 年第一次石油危機造成進口燃煤、原油價格飛漲，全球核電廠需求大增，西德、法國、加拿大等新興核供應國開始進軍這個四五百億美元的核電市場，台韓兩國則進一步強化核電擴張的開發路線。

台韓做為冷戰架構下美國在亞洲對抗共產國家的第一線同盟國，外部有全球核電市場擴張與亞洲戰略情勢匹變，內部有電力缺口及追求核能技術自主的壓力，兩國的核能開發就在這多種力量的交織之下擺盪前進。台韓都編列鉅額核能預算來購買研究與發電設備，培育並挽留核能人才。然而兩國財務資源的不同流向，既反映了核能開發應服務於國防或經濟需求的取捨，也反映了兩國相異的核能開發體制。

### 三、台灣的核能開發體制

在 1964 年 10 月 16 日中國於新疆進行核子試爆之後，台灣才真正有計畫地進行核能開發。台灣雖然在 1950 年代中期加入國際原子能總署，簽訂〈中美民用原子能協議〉，並設立原子能委員會（下稱原能會）以及清華大學原子科學研究所（下稱原科所），但從各種檔案證據來看，當時國民黨政府對於原子科學的基礎研究與核電開發的態度，實難稱之為熱衷。<sup>3</sup> 不另外新設原子能研究機構，以利用軍政兩方現有研究機構為原則；原能會成員由教育部、國防部、經濟部、台灣省政府人員兼任（總統府 1955b；行政院 1955），該會年度預算只有新台幣 20 萬元（原子能委員會 1965），一直要到 1968 年立

---

3 關於台灣核能開發的歷史，一般都從 1950 年代中期起算。Greene 認為國民黨政府對科學研究並不熱衷，唯一的例外是原子科學，她認為早在 1950 年代中期，國民黨就積極促成原子科學的研究，證據是成立原子能委員會、清華大學原子科學研究所、中山科學研究院、科學指導委員會與國科會，提供研究資金，和參與各種原子科學的國際會議（Greene 2008: 43-45）。但是科導會、中科院都在 1960 年代中後期才成立，另根據國防部對國內原子能機構的評估：「原子能委員會成立以來，迄今已有八年，殊少成績表現，考其原因，為組織不健全。委員皆為兼職，無專職人員負責主持，且無作業幕僚單位，而委員人選又與專門學術脫節」（國防部 1965）。

法院通過〈原子能法〉才真正完成原能會的法制化。中研院 1955 年倡議成立物理所，並希望以 25 萬美元購買最小規模之原子能研究設備（總統府 1955a），主計處與財政部均回覆「當前財力實難負擔當以暫緩為宜」，此倡議於是無疾而終（行政院主計處 1955；財政部 1955）。原科所的反應爐設備與建築經費，是由美國原子能委員會捐贈，該所約新台幣 200 萬元的年度經費，是這個時期較為大額的人才培訓投資（原子能委員會 1965）。

唯一例外的是，美國西屋董事長 W. E. Knox 於 1956 年向蔣介石兜售 1 萬瓩的原子電廠（售價高達 600 萬美元），並邀請台灣參與反應爐的開發設計，台電隨即表達高度興趣，時任台電總工程師的孫運璿亦向經濟部國營會表示「本公司因鑑於今後台灣電力之發展必將走向原子能發電之一途，故正向政府建議籌建一小規模之原子能發電廠」（台灣電力公司 1956）。但在台電與西屋協商簽約的過程中，先被美國來台考察的原子能專家勸退，再被美國國務院打回票，理由是西屋反應爐原為美國海軍潛水艇設計，不盡符合台電需求，且原子動力研究進步甚速，現階段所出動力之單價並不經濟，除因軍事需求或特殊情況，並有相當技術準備，似宜暫緩設廠（外交部 1957a, 1957b；駐美大使館 1957）。至於當時為何吝於購買 25 萬美元的基礎核能研究設備，卻願意花 600 萬美元採購不符成本效益的小型核電廠，目前並沒有清楚的答案，但台電購買反應爐失敗的案例可以確定一件事：美國的原子能和平使用計畫不會快速轉移核能技術，而會觀察轉移對象國內的人力和技術準備程度，進而按照美國設定的步調逐步轉移（DiMoia 2010: 593）。

在中國核子試爆之後，原能會隨即提出〈推進我國原子能積極發展之初步計劃〉，這是一份著眼於原子科學基礎研究、推動核電發展的計畫書。在原能會將〈初步計劃〉上呈總統蔣介石之後，蔣介石將此案批交國防部長蔣經國做進一步研究，蔣經國之後上呈一份針對〈初步計劃〉的〈檢討意見〉（國防部 1965）。其提出的 7 項建

議，<sup>4</sup>有 3 項與原能會〈初步計劃〉有明顯扞格之處：

- 四、以中山科學研究院為全國性原子能發展中心，積極展開工作，根據其工作需要擬具人才儲備計劃；
- 五、清華大學目前對研究專題，缺乏通盤協調之計劃及共同努力之重點目標，擬請充實清華大學師資設備，加強其研究計劃之管理，始有重點目標，能確切擔任原子能基本研究工作；
- 七、原計劃書中建議各項…自本省所產重砂中提煉鈷元素之發展，自鈷煉成鈾 233 並設法製成金屬之發展，產鈾反應器 [ 即反應爐 ] 與孕育反應器之設計與試製（以生產鈾 239 與鈾 233 為目標），以及利用台灣現有設備生產重水之發展等，建議由國防部專責機構辦理。（國防部 1965: 5-6，底線為筆者所加）

蔣經國的建議中至為關鍵的，是將國家原子能研究中心由清華大學（隸屬教育部）轉移到中山科學研究院（下稱中科院，隸屬國防部），以及切割核能開發的權責，由軍事單位全權負責核武物料和設備生產製造，這使台灣國家級的核能研發機構從一開始就以開發核武為使命，「以軍事應用為最終目的，以應用研究為手段，因和平用途與軍事用途之應用研究，大部工作性質類似，故可用研究原子能和平用途作為掩護」（國防部 1965: 2-3）。蔣經國對核能開發的著眼是軍事性的，民用核電在此〈檢討意見〉中的位置是輔助性的。蔣介石對此〈檢討意見〉批示「照辦」（總統府 1965a），從總統府之後給行

---

4 〈檢討意見〉中另有 4 項同意並擴張了原能會的〈初步計劃〉，包括改組原能會強化其職能，以及委員、幕僚的專職化，不再選用無專業背景之兼職委員，讓原能會「對內為發展原子能之決策、推動、協調、聯繫機構，對外代表我國從事國際合作」（第一項）；完成原子能相關立法（第二項）；要求教育部強化中學核能科目之基礎與應用教育（第六項）；以及「原子能發電廠計劃，應由整個國家發展原子能和平用途及科學研究為著眼，並以整個政府力量促其實現」（第三項）（國防部 1965: 4-5）。

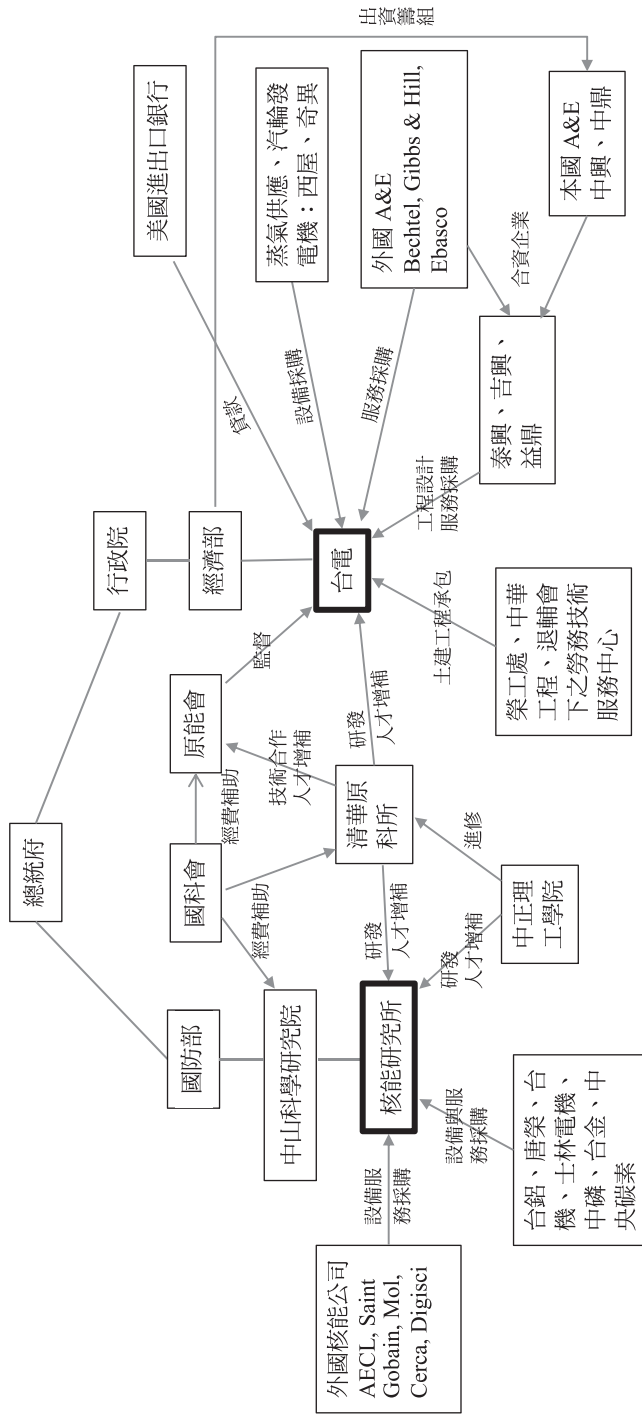
政院的回覆，以及行政院交辦給教育、國防、經濟部與原能會的公文來看（總統府 1965b），蔣經國所提 7 項建議被全數採納；這份短短 7 頁的〈檢討意見〉，奠定了台灣之後 20 年軍用與民用並行的核能開發架構（見圖 4）。

### （一）低度整合的雙頭馬車體制

在這個分立原則之下，核武開發的部分由國防部領銜，其下的中科院與核能研究所（下稱核研所）負責實際執行。軍用開發的重點在於核武物料的生產，以及設計能夠使用台灣本地資源來生產核武物料的設備；在囤積核武物料的同時，中科院二所的飛彈部門則從事核武投射系統之設計。為因應核武研發與物料取得，軍用開發的設備採購均以重水反應爐為目標，因為重水反應爐可生產核武物料鈾，並可使用來源甚廣的天然鈾為燃料，而非輕水反應爐所使用、僅由少數國家掌握的濃縮鈾。1967 年國防部商借經濟部聯合工業研究所名義向西德洽購的 MZFR 就是壓水式重水反應爐，採購理由為「西德西門子公司出品之 MZFR 型反應器具有多目標之用途，除可生產鈾外，尚可作發電及研究試驗之用，故較適應我國之需要」（國防部 1966）。向西德採購 MZFR 反應爐及相關設備的「新竹計畫」在科學指導委員會（下稱科導會）主委吳大猷反對下叫停（科學發展指導委員會 1967），但 1969 年向加拿大採購 CIRUS 重水反應爐<sup>5</sup>的「桃園計畫」<sup>6</sup>卻順利登場（總統府 1969；行政院 1969a）。1970 年的〈軍事戰略計畫〉更明確列出台灣核子武器的開發時程，預計在 1971 到 1980 年的 10 年間，完成核爆裝置的試驗（見附錄 3）。根據中科院工作報告，從 1970 到 1979 年共編列了 59 億 3 千元的核武專案預算，幾乎與新竹計畫所估算的 1.4 億美元相同（其經費運用之細

5 CIRUS 重水反應爐即 1974 年印度核子試爆所使用的設備。

6 根據張憲義的訪談記錄，桃園計畫與「新竹計畫最主要的差別，在於新竹計畫要在短時程內（五至七年內）趕上中共的核武水準，桃園計畫則是中長期的發展時程，預計在十至十五年內厚植並增進核武製作的能力」（陳儀深訪問 2016: 70）。



軍用開發：重水反應爐技術

民用開發：輕水反應爐技術

圖 4 台灣核能開發體制 1960s-1980s

資料來源：筆者繪製。

項見附錄 4)。由於核武開發為禁止核武擴散的國際秩序所不容，台灣的開發工作高度保密，也容易發生李國鼎所說的：「政府長期阻斷軍方與民間合作的契機…軍方所培養的人才與技術又不能為民間所用」（劉素芬訪問 2020: 53）。

平行於國防部主導的核武開發，是由經建部門主導、台電執行的核電開發以及籌建核電產業。國防或經濟發展孰應優先的潛流，在 1966 年美國總統科技顧問賀尼克來台訪問時就已經存在，國際經濟合作委員會（下稱經合會）<sup>7</sup> 的財經官僚立場與美方相近，主張經濟發展比國防重要，這與蔣介石認為國防優先的想法相悖（劉素芬訪問 2020: 25-26）。台電在 1950 年代中期就設立原子動力研究委員會，組織專題講座及出版《原子動力通訊》，專門負責台灣核電開發的研究工作與人才訓練，其調研成果具體呈現在台電 1963 年提出的〈台灣利用原子能發電初步研究報告〉中。台電除了在長期電力開發計畫中指出「本省今後之基本負載電廠，除非本地有大量燃料資源之發現，應以原子能發電最為有利」（台灣電力公司 1963: 115），並具體列出台灣未來應該選擇的發電用反應爐型式：「輕水式反應器建設投資較少，且以往運轉經驗較多，故吾人之選擇，可能將偏重輕水式反應器」（台灣電力公司 1963: 80）。以上興建核電廠建議，由經合會在 1966 年呈報行政院，再由院長嚴家淦轉呈總統府，主張向美國進出口銀行貸款籌建核電廠，不是興建先前規劃的小型核電廠，而是「具有規模及實用價值之核能發電計劃為宜，其所費雖較高，但可購置較為實際有用之設備，較之進行小型核能計劃當可減少浪費甚多」（行政院 1966），而此一興建大型核電廠計畫就在蔣介石批示「閱」之後開始進行（總統府 1966）。經建部門對於核電開發的規劃，並不止步於採購與運轉核電廠，打造台灣本土核電產業亦包含其中，其具體實施的步驟則受〈台灣地區能源政策〉之指導。

---

7 前身為美援運用委員會，1977 年改組為經濟建設委員會，2014 年改組為國家發展委員會。

夾在國防部與經濟部之間，是另外三個核能開發的相關機構：原能會、原科所、與主導科研經費的科導會以及後來的國家科學委員會（下稱國科會）。原能會在軍用及民用核能開發上，扮演了微妙的角色：雖然名為核能政策最高決策機關，實際上並無法指揮兩大強勢部會（國防部與經濟部）如何進行軍用或民用開發；雖然名義上是核研所的上級機關，但又將管理指揮權交給中科院，其功能更像是服務核研所，為其編列預算並核撥經費（國防部中山科學研究院 1979c: 25, 30）。在民用發電的部分，原能會負責審議台電提出的核電廠建廠計畫，並在核電廠實施運轉之後，負責監督考核。原科所除進行原子科學的基礎研究和人才培育之外，與軍方的關係也頗為密切。1950 年代清大校長梅貽琦為協助清華原子爐的興建所組建的 10 名青年幹部名單中，有一半來自軍方<sup>8</sup>（清華大學圖書館 2020），1962 年原科所 13 名畢業生中，有 10 位仍具軍職（黃鈞銘 2014）；1968 到 1972 年間該系 32 位專兼任教授中有 18 位是具美國碩博士學位的軍官（鍾堅 2004: 148）。由此可推斷，台灣早期核能人才的培訓，應或隱或顯地將「國造原子彈」放入教育的隱形議程。

核能開發作為一種技術密集的事業，從開設大學相關科系、人才培育、羅致海外人才、研究開發、添購設備，樣樣都需要鉅額資金的援助。為了進一步推動經濟發展並支援產業從輕工業升級轉型，蔣介石接受賀尼克訪問團的建議（國家安全會議 1968: 22；劉素芬訪問 2020: 35-36），大幅調高科研發展經費，進而有了 1969 年由國科會主持為期 12 年的科學發展計畫（1969-1980），其中規定：

為科學發展，政府制定預算，充為科學發展基金。此項基金於各部科學發展之分配，由科學發展指導委員會核定原則……科學發展基金之總額，第一期每年為三千萬美元之等值，其中半數作為原子能發展之用；第二期起依國家財力狀

---

8 分別為楊毓東、曾德霖、錢積彭、李應庚與王顯璨。

況而定，惟不少於第一期之數目。（科學發展指導委員會 1969a: 4-5，底線為筆者所加）

科學發展計畫下含九大計畫，各有其實施單位（見表 1），而每年 12 億新台幣的預算中，國科會實質掌握的比例並不高。<sup>9</sup>以 1971 年的科研經費分配為例，桃園計畫分得 12 億元中的 33%，國防科學研究分到 18%，這兩者都在國防部的支配下，原能會分到其中 1% 從事輻射安全和同位素研究，經濟部之下的工業、礦業、金屬工業研究所（之後三所合併為現在的工業技術研究院）共分得 16%，由國科會掌握的科學發展基金僅占總額的 26%（科學發展指導委員會 1971a: 2-3）。再觀察同年度原子能研究經費的細項分配，4 億 4 千 5 百萬元的年度經費中，96% 分配給核研所負責的反應爐技術與應用（科學發展指導委員會 1971b: 70-71）。從金錢流向來看，台灣核能開發的科研經費，依循最高領導人「國防優於經濟發展」的邏輯，幾乎全數流向核武開發部門。

綜上所言，台灣核能開發的研究工作被區分為軍用與民用兩大部分。核武開發由核研所負責生產核武物料與開發反應爐技術，欲自行設計能利用本地資源的小型反應爐（科學發展指導委員會 1969a: 96）。民用開發分成兩部分，一是輻射安全與使用於工、農、醫的同位素研究，這部分主要由原能會負責，並與大型醫院、農復會、原科所、聯合工業研究所等合作（頁 95-96）；二是經濟部與台電進行的能源與電力工業研究，包含探查國內所蘊藏之天然資源，以及核電反應爐型式的選擇和核電廠的規劃事宜（頁 56）。台灣沒有一個統一事權的研究單位來規劃核能開發的各類研究，而是多個機構從事目標各異的研發工作，然後在原能會或經濟部召集的「聯合小組」平台

---

9 曾有論者指出，國科會的表现，受制於長期財務資源不足，欠缺政治影響力，以及政府在發展本土科技能力時採用的去中心化方式；國科會時常要與進行科技研究，但更有影響力的部會（如經濟部下的工業局、經建會、交通部與交通銀行）爭奪預算，這造成科研計畫與組織的大量繁衍以及組織間的激烈競爭（Arnold 1988: 445）。

表 1 科學發展計畫之分項計畫與實施單位

計畫別	分項計畫	實施單位
科學教育與人才培育	小學、中學、專科、大學及研究所科學教育，科學及管理人才培育，成立科學資料儀器中心	教育部、國科會主持，台灣省教育廳、台北市教育局及各級學校與研究所為執行單位
基本科學	於台大、清華、中研院、成大建立數學、物理、化學、生物、工程科學、農業六個研究中心	各研究中心執行，中研院各研究所等配合辦理
人文與社會科學	針對經濟、歷史文化、社會、民族、稅賦、企業管理、光復大陸土地農業問題進行分項研究	中研院各單位負責執行
工業與應用科學	包含能源工業、電力工業、礦業、石化及高分子化學工業、農用化學工業、一般化學工業、人造纖維與紡織工業、食品工業及石油蛋白質、鋼鐵、運輸工具、金屬與機械工業、電子工業產業研究，以及成立新竹科學園區	經濟部主持，公民營事業單位、聯合工業研究所、礦業研究所、金屬工業研究所負責執行
農業	農作物、畜牧、漁業、林業、及農業工程等五個研究分項	由農業研究與試驗單位執行
交通	包含電信、航運、公路、鐵路、港埠、氣象、郵政及觀光事業等分項	交通部主持，電信總局、民航局、公路局、鐵路局、高雄與基隆港務局、氣象局負責執行
國防科學發展	國防科學與工程教育、武器裝備、電子通信裝備及配件、航空工程、國防醫學	國防部主持，三軍總部及中正理工學院為執行單位
原子能應用	輻射安全、同位素生產供應及應用、反應爐技術及應用	原子能委員會、中科院核研所
醫學與公共衛生	充實醫學院校之基礎醫學研究所，支援醫學院校圖書館，基礎醫學與公共衛生研究	台大醫學院、國防醫學院、台灣省衛生處、各地衛生局

資料來源：科學發展指導委員會（1969b）。

上，溝通並協調彼此的研究方向與成果。

在雙頭馬車的核能開發體制之下，除了核武經費排擠基礎研究之外，1967 年科導會要決定台灣第一座發電用反應爐型式時，就面臨軍用與民用開發需求衝突的問題。台電要向美國進出口銀行貸款，所以計畫採購美製的輕水反應爐；中科院主張訂購重水反應爐，以便生

產核武物料；教育部長閻振興則在呈送國家安全會議的書面報告中建議，「我國久遠之原子能發展，在技術、經濟條件容許下，似應儘早考慮重水式反應器之建造」（科學發展指導委員會 1968a）。此一爭議最後的解決之道，是台電依原計畫採購美國輕水反應爐，行政院也同時批准向加拿大採購 40MWe 重水反應爐，以供中科院核研所使用（吳大猷 1988: 43）。採購核一廠金山 2 號反應爐時，同樣的爭議又起，原能會反映了國防部的立場：「我國即將興建之第一台核能發電反應器應採用輕水式者，但第二台及其以後各台應審慎考慮以重水式及其他新型反應器為發電之用」（行政院 1969b），但經濟部與台電則回以成本考量，若核一廠金山 2 號能依合約所訂續約，「顧問工程師估計我方可節省一千二百萬美元」，這也是原能會同意金山 2 號採用與金山 1 號同型之輕水反應爐的原因（經濟部能源局 1971）。即使到了核二與核三，希望採購重水反應爐使其能與國防相配合（林孝庭 2021: 132）的軍用開發立場，仍然持續。然而此時除了台電提出重水採購困難的理由外，還要加上外交部指出台灣與加拿大在 1970 年斷絕邦交，不歡迎從無邦交國家輸入重水反應爐此類重要物資（經濟部能源局 1971）。就最後結果來看，民用開發的經建部門以「撙節財政支出」之名目，<sup>10</sup> 取得決定台灣 8 座核子反應爐型式的主導權。

投入大量經費的核武開發在 1970 年代也累積一定成果。核研所在 1969 年購得加拿大的重水反應爐之後，這座台灣研究反應爐（Taiwan Research Reactor, TRR）於 1973 年臨界運轉，到 1975 年底生產約 15 公斤的鈾；<sup>11</sup> 核燃料元件製造廠也預計每年生產 20 到 30 公

---

10 之所以稱之為「名目」，是因為輕水反應爐造價或較重水反應爐便宜，但輕水反應爐使用的濃縮鈾燃料卻相對昂貴。因此建廠造價再加上壽命 30 年核電廠所要使用燃料之價格，輕水反應爐未必比重水便宜。經建部門與台電單以建廠造價來宣稱可以節省支出，並不是太站得住腳的理由。是否因為經建部門抵制核武開發，抑或是為了維繫台美外交與軍事關係的考量，而堅持採購輕水反應爐，目前尚無直接證據可以判斷。

11 根據 CIA 的情資，TRR 如果全速運轉每年可生產 10 公斤的鈾（Director of Central Intelligence 1972: 3），而國際原子能總署評估，只要 8 公斤的鈾就足以製造核子爆裂物（Kroenig 2010: 11）。

噸的核燃料；由法國 Saint-Gobain 公司提供設備的鈾燃料實驗室與再處理實驗室也在 1975 到 1976 年間開始運轉（Albright and Gay 1998: 57）。核研所亦從比利時、法國、西德等國的核能公司取得重水反應爐的相關技術與設計資料，如 TRR 核燃料製造、鈾屑回收成金屬錠、硝酸鈾還原為金屬鈾、重水核電廠全廠設計、自動控制車床使用等（國防部中山科學研究院 1979d）；同時委託國內機械廠商進行小規模設備生產（台鋁、唐榮、台機、士林電機），也進行磷酸提鈾的技術合作（中磷、台金、中央碳素、台機）（國防部中山科學研究院 1979b）。

## （二）美國介入、核武計畫中止與後續核電開發

台灣退出聯合國並喪失國際原子能總署會籍後，對核能開發造成重大影響。首先，來自國際原子能總署的各種技術協助中斷，再者，與他國協商核能技術轉移受到很大的限制，台灣在 2010 年之前僅與 4 個國家（美、法、日、加）簽訂 15 項原子能合作協議，而從 1955 到 1987 年之間的 10 項合作協議都是與美國簽訂（Keeley 2018），也就是說這段期間內美國是台灣合法核能技術轉移的唯一來源。此外，基於發展核武的機密性，核研所沒有簽訂上述任何一項合作協議，私下且祕密的技術合作協議，未必能協商出對台灣特別有利的技術轉移條件。最後，台灣的核子保防，是由台、美、國際原子能總署簽訂三方核子保防協定，根據此協定，「任何台灣取得的核物料被視同來自美國，並適用美國法規限制。意即美國成為台灣『非核武國家』地位的法定擔保人」（Mitchell 2004: 297-298），台灣向其他國家採購敏感核能設備也同時受美國監管。台灣的核武計畫一方面與美國禁止核武擴散的外交政策相悖，也違反美國提供台灣「非核武國家」地位法定擔保的約定，因此引發美國兩度強力介入。

美國第一次介入是在 1977 年，核研所的多種違規行為<sup>12</sup>讓美國

---

12 國際原子能總署與美國監察代表於 1976 年與 1977 年的兩次核設施年度例行檢查，發

不再接受蔣經國（時任行政院長）於 1976 年「絕不開發核武」的口頭與書面保證（The Washington Post 1976），與台灣簽下〈中美核能祕密協議〉，其中規定任何涉及發展鈾濃縮（uranium enrichment）、重水生產能力、分離或處理鈾或鈾 233 之活動均不得在台灣進行（外交部 1980）。美國國務院亦要求蔣經國將台灣所有核能設施均納入雙邊協定規範，確保僅限於原子能和平用途，並應立即關閉中科院的重水反應爐與熱實驗室，歸還所有美國提供的鈾原料，且將中科院的反應爐「降等」，使其僅能生產更為少量的鈾（林孝庭 2021: 138；Albright and Stricker 2018: 82-83; Mitchell 2004: 299-300）。第二次介入是美方透過核研所副所長張憲義提供的資訊，發現核研所違反〈中美核能祕密協議〉，在 1987 年設立熱室進行核武計畫（Mitchell 2004: 300; Richelson 2013），偵察衛星也拍到屏東九鵬基地進行小型核子試爆的照片（郝柏村 1999: 1270）。之後國際原子能總署及美國核管會人員直接進入核研所，水泥灌漿封存熱室（賀立維 2015: 104），重水反應爐遭拆解，重水被抽出並歸還美國，也就是說台灣鈾濃縮、乏燃料（spent fuel）再處理、提煉武器級鈾的相關設施與研究能力被完全瓦解，有論者以核研所的腳筋被削斷，「武功全廢」稱之（鍾堅 2004: 162）；核研所在 1988 年之後正式歸建原能會，結束先前的核燃料循環事業與核燃料發展工作，目前專注於開發再生能源（Mitchell 2004: 300-302）。

核研所的核武開發在美國施壓下於 1977 年暫時中止，之後曾就日韓發展之模式，向經濟部提出盡速籌建核電產業的建議（經濟部能源局 1978）；此時曾有一次軍用與民用開發匯流的契機，但這個

---

現核研所的多種違規行為（irregularities），1976 年核研所遺失內含約 500 公克鈾的 10 根燃料棒，還在鈾燃料化學實驗室發現將美國提供的燃料濃縮提煉成鈾金屬，這是民用核能設施絕對不會出現的物質；1977 年也在核研所發現遭到改造、可用於小型再處理設施的燃料棒，以及藏於燃料運轉池可偷運燃料棒的轉運口（林孝庭 2015: 335, 341；詹欣 2013: 142-143；Albright and Gay 1998: 58; Mitchell 2004: 299; New York Times 1976），這意味著中科院在自行組建的熱室中，祕密再處理乏燃料棒，提煉武器級鈾，以及台灣在 1970 年代中期已具備生產可分裂物質（fissile materials）的能力，克服了核武製造中最困難的物料取得步驟（Mack 1996: 8）。

機會之窗很快就消逝：蔣經國（1978 年出任總統）於 1981 年將中科院由軍政改隸軍令系統，指派時任參謀總長的郝柏村兼任中科院院長，再次啟動並擴編核武計畫（鍾堅 2004: 161；Albright and Stricker 2018: 126-127）。此外，由經濟部領銜的民用開發，在 1979 年第三次修訂〈台灣地區能源政策〉時，已明列「核能發電為今後電力之重要來源，應積極發展，並加強國際合作，以穩定燃料之供應及有關技術之轉移」（經濟部 1979），經建會進行評估時，亦表示「反應器技術之轉移，政府已有政策上之指示，應自核能七、八號機開始，招標規範中，應規定技術轉移亦為考慮重點之一」（經濟建設委員會 1979）。整體來說，經建部門對核電產業發展的主張如下：

- 在硬體自製的部分：先選擇銷路較廣的核電小型組件與國內外廠商技術合作，並以此開發國際市場；大項設備如反應爐壓力槽，投資成本巨大但市場狹小，列為次優先；
- 在軟體能力發展方面：著手進行由工程顧問公司負責的一般系統<sup>13</sup>（balance of plant）的技術轉移，如中興工程顧問社與負責核二、三的美國貝泰公司進行合資企業磋商；至於台灣是否同時或分期發展蒸氣供應系統（NSSS）與一般系統之技術轉移，應就人力、市場及研究發展設備等面向全盤考慮；
- 台灣核電廠工程盡量採購國內產品：如核三廠包封容器之襯板、水槽、廠房鋼筋均已內購。但核電設備品質要求嚴格，國內工業作業尚無法完全符合電廠安全的技術標準（經濟部能源局 1978）。

經建部門籌建台灣本土核電產業的方向，在投資成本與潛在市場的考量下，鼓勵小型組件的製造而非大型設備。至於是否以及如何取得核電廠核心技術——蒸氣供應系統與汽輪發電機，經建部門似乎採審慎保留的態度，這可能是因為國內精密工業尚無法承擔這項任務，

---

13 台灣的一般系統，南韓稱之為建築工程設計（architectural engineering, A&E），包含了電廠的前期規劃、營建規劃、設備安裝，以及建造完成之後的測試，甚至包含核電廠運轉後的維修。

也可能是沒有發展重工業出口國際市場的配套計畫，單單為了國內市場而研發蒸氣供應系統與汽輪發電機並不符成本效益，亦可能是先前台電火力發電廠技術轉移失敗的經驗，<sup>14</sup> 致使對核電廠核心技術有所猶豫。1970 年代末期經建部門針對核電產業所設定最重要的目標，是取得較易發展的整廠設計技術，也就是前述一般系統的軟體能力，將重點放在引導國內工程顧問公司<sup>15</sup> 與外國公司設立合資企業（joint venture），並進行人員訓練與技術轉移。除了中興與貝泰合組泰興的案例（1978 年成立），還有中興與吉爾（Gibbs & Hill）合資的吉興（1979 年成立），以及中興與負責核一工程設計的依柏斯（Ebasco）合資的益鼎（1980 年成立）。其中泰興實際參與核二、三廠工程的工地設計、儀電與管路設計、鍋爐房及輻射修理工廠設計、試運轉之品質保證與控制、後續運轉支援與駐場服務，也參與核四廠的地質調查、技術審標與初期設計（經濟部 1980, 1981, 1984）。

台灣的核電開發在 1979 年美國三哩島事件之後，立法委員曾有一波密集質詢，但這並未動搖核四的籌備工作。先是行政院政務委員李國鼎在工業技術學院的致詞中表示，未來兩三年將是核電市場的「買主天下」，是台灣引進核電技術，要求優厚條件的最佳時機（經濟日報 1980）。緊接著行政院在 1981 年通過〈推動核能發電之有關政策及措施〉，由核研所會同台電分析今後 20 年台灣發展核電產業之人力需求，並授權成立民營核能公司，引進核燃料設計、製造及核心營運技術，盡早籌建核燃料元件製造廠，同時引進蒸氣供應系統的設計、分析、品管及品保技術，以引導開發國內核電產業（中央日報 1981a, 1981b；行政院 1981）。其原訂計畫是，核能公司成立之後，就可以自行設計及建造未來的核能 9 號與 10 號機組（經濟日報 1981）。除此之外，台電董事長陳蘭皋更在國建會工商小組研討會中

---

14 台電與奇異曾在 1980 年合資成立聯亞電機，原本計畫由聯亞電機承製 13 台重型發電機並進行技術轉移，但結果是聯亞僅產出 2 台發電機並虧損連連，台電所獲得的技術轉移也極其有限；反倒是奇異藉由技術轉移與投資的名目，壟斷台灣的發電機市場（劉素芬訪問 2020: 206）。

15 均由政府單位與國營事業捐助成立。

表示，將投資 3 到 4 千萬美元，興建年產 4 到 5 百噸的核燃料工廠，自行處理核燃料，並在未來 20 年間，「陸續再建廿座核能機組，建立核能工業自製能力」（聯合報 1981）。1982 年 3 月台電也公開宣布，將與中科院核研所共同籌組台灣核能公司（經濟日報 1982a）。

然而，就在 1980 到 1982 年間一片籌建台灣核電產業的氛圍下，經濟部長趙耀東在 1982 年 10 月的立法院經濟委員會全體會議中表示，由於 1980 年代初期的全球景氣衰退，目前電力供應遠超過需求，核四在 5 年之內可能不會動工（聯合報 1982），<sup>16</sup> 台電因此暫緩反應爐招標計畫（經濟日報 1982b）。經建會亦於次年能源政策執行檢討報告中指出：「為因應負載成長趨緩，核四廠工程已決定延後實施」（經濟建設委員會 1983: 11）。領銜開發核電的經建部門率先指出台電的裝置容量是最高尖峰負載的兩倍，造成大量發電閒置，此後立法院爆發了一波又一波針對台電的質詢潮，從台電的經營管理疏失，核廢料處理問題，核電廠廢水污染及重大工安事故，匯集成越發強大、要求停建核四的朝野聲浪，進而促成 1985 年行政院宣布暫時擱置核四興建（劉華真 2020）。籌組核能公司的計畫無疾而終，台灣籌建核電產業的路線也在 1980 年代的中期遭遇阻礙。從 1986 年開始直到 2022 年為止，任何有關擴張核電的倡議，從核四預算、土地使用、環境影響評估、建廠執照到建築設備材料品質，都面臨反核勢力的挑戰。

## 四、南韓的核能開發體制

一如西屋的 W. E. Knox 向蔣介石兜售小型核子反應爐，芝加哥電力公司主席 Walker Lee Cisler 曾在 1958 年打電話給南韓總統李承晚，稱原子能這項新能源可以解決南韓長期的電力短缺問題，只要厚

---

16 相較於聯合報的報導，《立法院公報》會議紀錄的措辭稍有不同，公報版強調核四會在 5 年內動工，到 1985 年的總發電量會超過實際用電量甚多（立法院公報處 1982: 71）。

植技術人力，將在 20 年內享受核能發電帶來的種種好處（Lee 2007: 28-29）。韓戰對於基礎設施的大量破壞，使得南韓在 1950 年代飽受電力不足之苦，因此核能開發體制是由民用核電開發主導。在加入國際原子能總署並與美國於 1956 年簽訂〈韓美民用原子能合作協議〉後，南韓短短兩年內通過〈原子力法〉完成核能機構的法制化，並於 1959 年設立直屬總統的原子力院（Office of Atomic Energy），下設事務總局、原子力委員會（Atomic Energy Commission），以及包含 6 個研究領域的原子力研究所（Atomic Energy Research Institute）；原子力委員會負責預算、政策與法規制定，而原子力研究所是國家級核能研究中心，遵循指定的政策方向從事研究工作（郭昕光 2021: 2-3；한국원자력연구원 2019: 16, 26）。在人才培育的部分，漢陽大學與首爾大學分別在 1958 年與 1959 年成立核子工程學系，1956 到 1964 年間，政府透過公費與企業補助，派送 232 名學生出國進修核子物理與核子工程（Pak 1965: 13；한국원자력연구원 2019: 581-582），這些接受外國訓練的早期核能人才成為南韓日後核能開發的骨幹（Lee 2007: 32）。

南韓 1970 年代的電力開發，其基礎是由國內財閥（如現代、大宇、三星重工）獨占火力電廠的設備生產，一開始的核電開發也企圖依循相同的模式。然而 1970 年代末期因財閥的過度投資造成財務危機，幾經協調，最後由南韓政府促成財閥部門重組，再併入公營電力集團進行核電開發（홍덕화 2016，第三章）。

### （一）垂直整合的民用開發體制

南韓核能開發的各種機構歷經多次更名與改組，但其組織整併的趨勢是，政策制定與事權集中在兩個部會：科學技術部與通商工業部（下稱商工部），負責政策與法規的原子力院和原子力委員會，併入科學技術部之下的原子力局（Bureau of Atomic Energy），自此科學技術部成為指導核能政策與研究的最高機關。研究開發的組織原則，

則是集中研究資源與人力到國家級研究中心，即韓國原子力研究院<sup>17</sup>（Korean Atomic Energy Research Institute，下稱原子力研究院）。1973 年放射醫學、放射農業研究所被併入原子力研究院，1980 年核燃料開發公社也併入該機構。即使原子力研究院在 1973 年公司化並成為獨立研究機構，但直到 1980 年超過 80% 的經費仍由政府捐助，受科學技術部指揮。原子力研究院從成立到 1980 年的年度預算總和大約是 1 億美元（한국원자력연구원 2019: 547-48），少於中科院核研所在 1970 年代設備添購的 1.4 億美元。

核電開發的執行單位是獨占的國營電力公司—韓國電力公社（下稱韓電）。根據朴正熙頒布的〈韓國電力公司法〉，韓電<sup>18</sup>在 1961 年由朝鮮電業、慶尚電氣、南鮮電氣合併組成，成為唯一生產、輸配、銷售電力的公司（Nam 2013: 21-22），隸屬能源資源部及經濟企劃院<sup>19</sup>管轄。韓電的預算經費由財政部監督，電廠設置規範與核發許可執照則由科學技術部負責（Kim and Byrne 1990: 214, 220-221）。南韓的核能開發因此以科學技術部、原子力研究院、經建部門及韓電為核心來進行（見圖 5）。

原子力研究院早期的努力，集中在放射線與同位素在農業與醫學的運用，一直到從美國引進 TRIGA-Mark II 研究型反應爐，才真正開始研究核能發電。原子力研究院與韓電在 1962 年共同成立〈推進核能發電計畫〉的調查委員會，主張核電是最符合電力需求以及快速經濟成長的能源。原子力局參考國際原子能總署的可行性調查，在 1960 年代中期決定引進 2 座美製輕水反應爐，<sup>20</sup> 古里 1 號與 2 號，並

17 韓國原子力研究院的前身，是 1959 年成立的原子力研究所，研究所分別成立放射線醫學研究所（1962）和放射線農業研究室（1963），之後放射線農業研究室在 1966 年獨立成所，脫離原子能研究所。直到 1973 年 3 所整併，更名為韓國原子力研究院（한국원자력연구원 2019: 20-21）。

18 1961 年名為韓國電力株式會社，但在 1982 年政府收購民間持股後，株式會社解散，另行登記為韓國電力公社，成為 100% 的國營企業。

19 韓電之後的主管單位改成商工部（Ministry of Trade and Industry）。

20 關於第一座反應爐應該採用哪種型式，南韓早期送往海外留學的科學家與技術人員曾有過爭辯，最初是英國的氣冷式反應爐（gas-cooled reactor）佔上風，但經過財務、技術、政治與外交的折衝，最後決定採用美國輕水反應爐（Lee 2007: 32）。

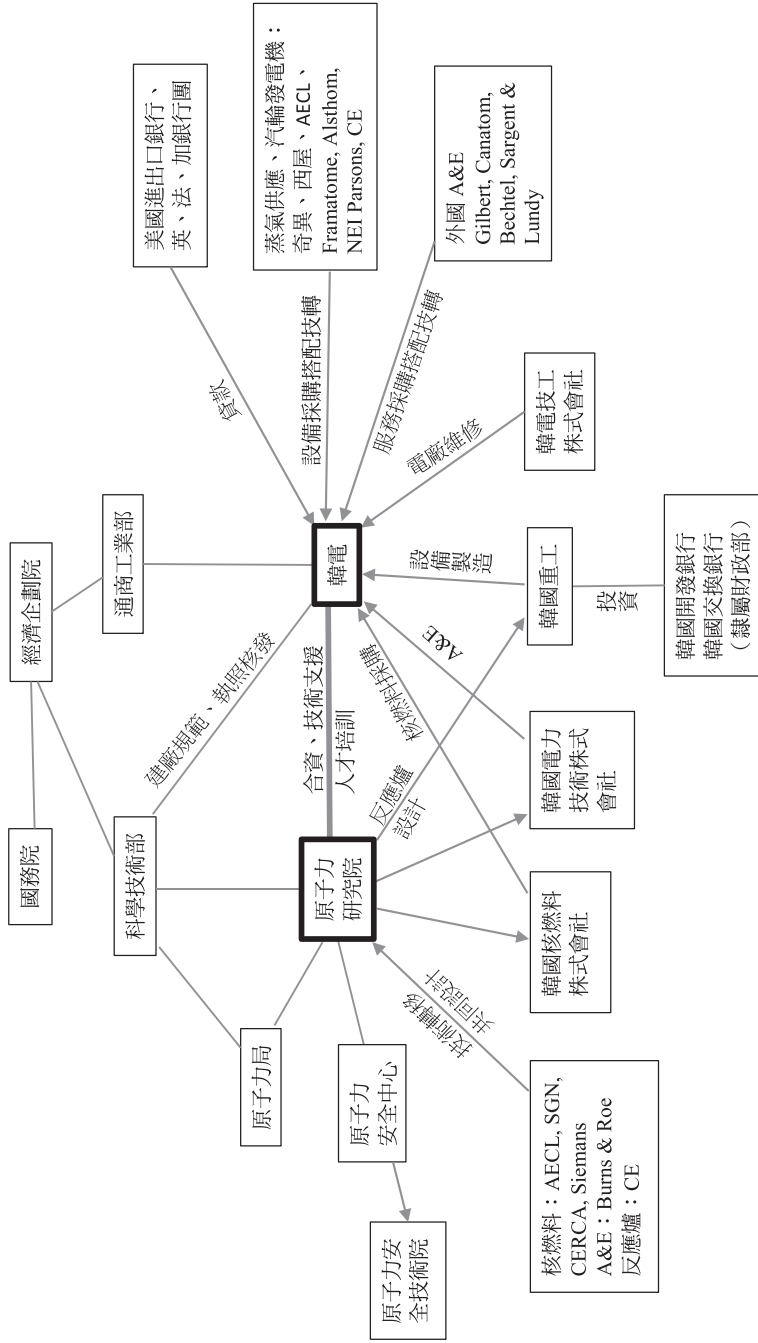


圖 5 南韓核能開發體制

資料來源：筆者繪製。

授權韓電負責營建工程及電廠運轉，原子力研究院則參與核電廠的可行性調查、選址、計畫審議、制定國際招標規格，並負責培訓韓電技術人員與進行資格考試（한국원자력연구원 2019: 21, 583-585；Sung and Hong 1999: 307）。也就是說，原子力研究院承擔核電廠開發所需要的研究後勤支援。

就在積極籌建古里 1 號的同時，原子力研究院被賦予一項額外任務。為了回應前述提及的北韓軍事威脅與美國 5 年內從韓半島全數撤軍，朴正熙一方面在 1970 年設立國防科學研究所（Agency of Defense Development），針對傳統軍力啟動軍力改進計畫（the Forces Improvement Plan, 1974-1981），開徵防衛稅，將國防預算提高到國內生產毛額的 7.5%，培養國內財閥進軍國防工業，並進行軍備生產的國產化（金俊植 2021: 36-38；Kwon 2018: 21, 24-5；Pollack and Reiss 2004: 488）；另一方面在 1971 年祕密啟動核武開發計畫，<sup>21</sup> 要求國防科學研究所提出長程核武開發計畫，計畫在 6 到 10 年內，以 15 到 20 億美元生產出類似美國投放於長崎、以鈾打造的原子彈（Hong 2011: 491）。

原子力研究院從 1971 年開始加快與外國研究機構和企業的合作，籌組合資公司並洽談進口核燃料製造與燃料再處理的技術和設備，以期從乏燃料提煉武器級鈾，解決核武物料取得的問題（홍덕화 2019: 71-72；Hong 2011: 483-484, 487）。除此之外，原子力研究院也招募 15 位海外科學家與 25 位本土學者，組建「以取得核燃料製造與再處理技術為最高目標」的特別計畫組。青瓦台、科學技術部動員組織資源來支持這項計畫，而國防部因為與美軍高度整合，其參與將破壞核武計畫的祕密性，被排除在核燃料製造與再處理技術的研究之

---

21 因應變動的國際環境，南韓的輿論從 1960 年代末期出現發展核武的討論，首先針對日本已經擁有製造核武的能力，呼籲政府應該準備長期的核武研發計畫（경향신문 1968）；接著在一場集合科技主管與科學家的座談中，韓國科技研究院（Korea Institute of Science and Technology）的成員公開承認南韓的技術能力已經可以研發核武，另一位延世大學的工學院教授則主張南韓絕對需要核武，而且研發核武的成本也非常便宜（경향신문 1969）。

外。國防科學研究所僅負責武器設計、投射、爆破系統的研發。國防科學研究所向朴正熙遞交的核武計畫書中，其技術內容也同樣對原子力研究院的科學家保密。南韓的核武計畫從一開始，原子力研究院與軍方就有獨立於彼此的技術任務，因此出現取得核武物料與武器設計的分工體制（홍덕화 2019: 70-71；Hong 2011: 490-491），有別於台灣的核武物料與武器設計統一由中科院負責的組織模式。

核武計畫啟動後，南韓科學技術部長在 1972 年連續出訪法國與比利時，隔年就與法國的 Saint-Gobain 公司簽約採購再處理設備，並與比利時商討建造混和氧化物核燃料（mixed oxide fuel）的實驗室。1974 年南韓科學家拜訪加拿大與法國，有意引進能高效生產武器級鈾的 NRX 反應爐<sup>22</sup>（Hymans et al. 2001: 100），但是向外採購再處理與核燃料製造設備的時間，比台灣晚了 4 到 5 年，而且並未在印度 1974 年核子試爆之前取得這些敏感設備與技術。除此之外，朴正熙因為美國撤軍以及南越淪陷更加憂慮南韓的國安處境；他在 1975 年接受《華盛頓郵報》專訪時說，如果美國不再提供核保護傘，南韓會盡一切力量防衛自身安全，包括開發核武（홍덕화 2019: 74；The Washington Post 1975）。專訪出刊的第二天，科學技術部長即證實南韓有發展核武的技術能力（Hymans et al. 2001: 103），印度的先例與公開揭露的核武開發意圖，都讓南韓之後的對外採購遭遇更強大的阻力。

## （二）美國介入、核武計畫失利與核電技術本土化

美國在確認南韓的核武計畫後，為了避免印度引發的軍備競賽在東北亞重演，開始多面向地向南韓施壓。首先，美國國防部長在 1975 年公開承認於南韓部署美國核子武器，一改過去「不承認不否認」的態度，意圖以此修補韓美軍事聯盟的裂痕（Roehrig 2017: 125）。再者，美國道德勸說法國、比利時與加拿大不要出口敏感設

---

22 NRX 反應爐是印度核子試爆 CIRUS 反應爐的前身。

備到南韓，加拿大因此中止了出售重水反應爐給南韓的協商。最後，美國一方面要求南韓國會盡速批准 1968 年簽訂的〈禁止核武擴散條約〉，另一方面要求南韓中止核武開發計畫，否則將取消對南韓的安全承諾，並停止美國進出口銀行對古里 2 號 2 億 7 千 5 百萬美元的低利貸款，以及另一筆協助南韓核電開發的 2 億美元貸款承諾。朴正熙在胡蘿蔔與棍棒的壓力之下，通知法國取消採購再處理設備（Ha 1978: 1136-1137; Hayes 1992: 24; Paul 2000: 121）。於是從 1978 年開始，每年韓美軍事協商會議的聯合公報中，都會出現「南韓目前且將持續在美國核保護傘下」此一段話（Roehrig 2017: 126）；而美國提供核保護傘的公開書面保證，削弱了南韓開發核武的動力（홍덕화 2016: 106）。

雖然在美國壓力下，朴正熙於 1976 年宣布放棄核武開發及取得再處理技術，卻在同一年推出 3 項重要的核電產業政策：〈第四次五年計畫推動核電產業國產化〉、〈機械本土化政策〉與〈進口機械國產化推行綱要〉。這明顯不是偶然，核武開發的受挫經驗，反而成為南韓為了擺脫對外國的技術依賴，積極將核能技術本土化、核電設備國產化的動力。為了達成國產化，南韓的核能開發體制採用了以下三項關鍵措施：首先是擴張國內核電市場，再者是改變核電廠的招標與承包規則，最後是以韓電與原子能研究院為核心，以合資、收購、技術轉移等手段，建立一個包含核燃料製造、核電廠工程設計、反應爐設備製造的公營電力企業集團。

所謂擴張國內核電市場，意即以政府訂單來確保每一年都有 2 座或更多反應爐處於不同階段的興建狀態，以此保障甚或擴大核能人才的就業市場，並培育本土核電工程設計產業。參考附錄 2 南韓核電廠的建造年份，即可發現 1983 到 1985 年間南韓同時興建 6 座反應爐，而 1995 年更達到 7 座。單以 2000 年前完工的 16 座反應爐來說，就創造了 19 兆韓圓的市場（韓國電力 40 年史編纂委員會 2001: 301-330）。一個擴張中的核電內需市場，代表技術人才需求孔急，也促成了大學核工系所的新設與核能研究經費的增加。除了初始階段

成立的漢陽大學與首爾大學的核子工程學系，在國內核電市場擴張這段期間，又有 3 所大專院校開設核工系所，分別是慶熙大學（1979 年）、韓國科學技術院（1980 年）與朝鮮大學（1985 年）。關於核能研究經費，則可參考原子力研究院的年度預算（見圖 6），從 1976 年核能技術本土化政策開始之後的 10 年，原子力研究院的預算平均每年增長 40%，以絕對金額來說，1985 年的預算是 1976 年的 12 倍。

然而持續興建核電機組就必須面對裝置容量大增，但國內電力需求無法跟上的問題。台灣在電力供過於求的情況下，經建部門選擇暫緩電力開發計畫，是核四在 1982 年暫緩興建的主因。但是南韓即使電力過剩或閒置，也選擇維持原訂的核電廠開發計畫。在 1983 到 1986 年間 5 部核電機組加入供電之後，韓電在 1986 到 1990 年間連續調降電費 7 次（홍덕화 2019: 172），鼓勵全國多多用電，以消化過剩電力。

光是擴張核電內需市場，並無法確保核能技術的本土化，如果持續採用外國核能公司統包建造的方式，無助於核能技術的轉移。南韓的第一座到第三座反應爐採用統包契約，由外國得標廠商主導整

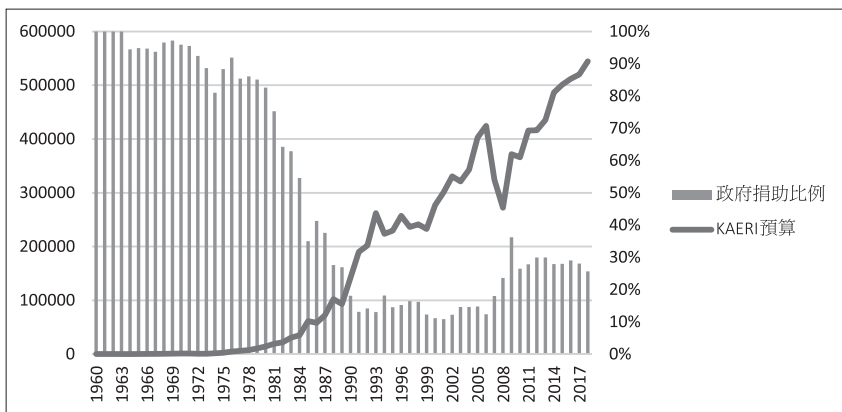


圖 6 韓國原子力研究院年度預算（單位：百萬韓圓）

資料來源：한국원자력연구원（2019: 547-548）。

個工程建設，國內廠商僅有限度地參與核電廠的土建工程（Sung and Hong 1999: 308）。然而在 1976 年頒布 3 項核電國產化政策之後，南韓政府直接禁止外國企業以統包方式進行核電廠計畫，更提出電廠每年應達成「本國製」的比例（Kim and Byrne 1990: 215）。因此，從第四座反應爐（古里 3 號）開始，蒸氣供應系統、汽輪發電機、工程設計分別承包給不同的外國核能公司，並要求外國廠商必須邀請南韓企業參與其承包計畫，讓南韓企業在核電廠興建的參與層次，從勞力密集的土建，提升到技術密集的零件製造與工程設計（Park 1992: 726），而越晚興建的核電廠，其設備國產化、設計本土化的比例也越高（見表 2）。除此之外，由韓電、韓國開發銀行與韓國交換銀行共同投資的韓國重工被指定為唯一的核電設備製造商，以避免國內重工業之間的競爭。到了 1987 年韓光 3、4 號籌備興建時，政府更進一步規定只有國內企業才能擔任總承包商（均由韓電擔任），外國公司僅能以分包商的角色參與興建計畫（Park 1992: 726-27）；到了這個階段，外國核能公司為了能夠參與南韓的核電廠興建，在招標過程要提出更高階的技術轉移計畫，這項新的招標規定下，南韓核電產業取得美國 Combustion Engineering（下稱 CE，現屬西屋）完整的電廠設計資料與計算機代碼，並以此為基礎發展出韓國型輕水反應爐設計。在重水反應爐部分，AECL 雖然是月城 2、3、4 號的承包商，但在蒸氣供應系統的部分與原子力研究院共同設計，電廠工程設計的部分則由 Canatom 公司與韓國電力技術共同負責，AECL 也在設備設計、採購與製造上與韓國重工共同合作（한국원자력연구원 2019: 48-51）。現有文獻多半強調南韓是在車諾比核災之後、全球核電市場陷入低谷的時刻，與外國核能公司協商出最好的技術轉移條件。這固然是原因之一，但外部的市場機遇必須搭配南韓國內招標、承包規則的改變，才能充分實現核能技術本土化的目標。

最後，即使有了受國家保護的核電內需市場，倘若缺乏核電設備、工程設計的生產者，技術本土化的計畫仍然不可行。這就涉及韓電與原子力研究院如何透過合資、採購與收購，逐步打造南韓龐大的

表 2 南韓核電國產化之比例

反應爐	工程設計 (A/E)	一般設備	蒸氣供應系統 (NSSS)	汽輪發電機 (T/G)
古里 1	NA	8%	0%	0%
古里 2	NA	13%	0%	0%
月城 1	16%	14%	0%	0%
古里 3	37%	29%	10%	11%
古里 4	37%	29%	10%	11%
韓光 1	44%	35%	18%	28%
韓光 2	44%	35%	18%	28%
韓蔚 1	46%	40%	26%	45%
韓蔚 2	46%	40%	26%	45%
韓光 3	75%	74%	64%	72%

資料來源：IAEA (2020), Leem (2006: 446, table 2), Sung and Hong (1999: 307, 309, tables 1 and 2)。

電力公營集團。第一種作法是，由原子力研究院直接與外國核能公司簽訂合作協議，成立獨資或合資公司，進行小規模、先導式的製造與設計，在設計與製造品質受到認證後，再由韓電向原子力研究院下訂單採購服務及產品，最後的步驟則是由韓電收購此公司，這種作法運用在核電廠工程設計與核燃料製造。在核電廠工程設計方面，原子力研究院在 1975 年就與美國 Burns & Roe 公司各出資 50% 成立 Korea Atomic Burns and Roe (KABAR)，但承包電廠工程設計的貝泰公司不願意採用此合資公司的設計，導致 Burns & Roe 公司退出南韓，原子力研究院吸收 Burns & Roe 公司之股份，將 KABAR 改組為韓國核能技術公司。此工程顧問公司之後為韓電提供多項技術服務，並在 1982 被韓電收購成為韓電的子公司，並改名為韓國電力技術株式會社 (한국원자력연구원 2019: 28-29; Sung and Hong 1999: 308)。在核燃料方面，原子力研究院在 1976 年成立核燃料開發公社，與法國進行核燃料循環中組裝製造的工藝開發。<sup>23</sup> 從重水核燃料的樣機研

23 南韓的核燃料製造，並不包含再處理 (reprocessing) 及鈾濃縮，也從未取得再處理與

製，到取得 AECL 的認證，再將試製之燃料棒裝填入月城重水反應爐，此實驗的成功讓韓電對於國產核燃料有了信心，開始支持大規模生產。輕水核燃料方面，因技術較為複雜，由原子力研究院與 CE 合作共同設計核燃料，再將技術轉移給原子力研究院、韓電、外資合組的韓國核燃料株式會社來量產，<sup>24</sup> 韓電再向核燃料株式會社下單訂購輕水反應爐所需的核燃料（한국원자력연구원 2019: 30-31, 40-45）。

第二種作法是藉由契約簽訂，讓南韓獨占廠商、原子力研究院、外國技術提供廠商形成一個技術轉移的三角關係，主要針對核電高階核心技術（蒸氣供應系統與汽輪發電機）。從 1980 年代中期開始，南韓在開標選定外國分包商時，利用韓電與韓國重工壟斷承包核電廠興建的制度安排，一方面將共同設計<sup>25</sup> 納入國際招標公告，另一方面選擇技術轉移條件最優者為分包商。例如 CE 之所以拿下韓光 3、4 號的訂單，就因為技術轉移計畫最為齊全，包含當時所有輕水反應爐的相關技術資料，以及正在研發中的技術（홍덕화 2019: 160）。韓國重工作為核心設備的製造承包商，先與原子力研究院簽訂反應爐系統設計合約，原子力研究院再與 CE 簽訂反應爐共同設計合約，而共同設計的最終成果再轉移給韓國重工進行設備製造。在原子力研究院取得外國技術與默會知識（tacit knowledge）之後，原子力局於 1996 年宣布，為了培育國內核電產業，將原子力研究院負責的反應爐系統設計、核燃料設計、重水核燃料製造的業務移交給韓電的子公司（한국원자력연구원 2019: 68-69）。至此，韓電完全掌握核電開發中的工程設計、燃料生產、設備設計與製造、電廠營運與維修的各個環節。原子力研究院向產業界轉移研究成果之後，重新定位為研發未來核電技術的綜合性研究機構，除進行核能基礎研究，也投入開發中

---

鈾濃縮的相關設備。

- 24 1981 年時原決議由韓電、原子力研究院與外國核能公司合資成立核燃料株式會社，但在 1983 年國產化政策進行調整，停止外國公司對核燃料株式會社的投資，由南韓資本獨資以確保國內經營管理權。再者設計與製造分離，原子力研究院負責核燃料設計，核燃料株式會社負責製造（한국원자력연구원 2019: 44）。
- 25 共同設計指的是，由外國與南韓企業同時投入人力進行設計，而南韓人員可以進一步學習核能技術（홍덕화 2019: 159）。

小型反應爐等研究項目。1997年金融危機之後，國際貨幣基金組織（International Monetary Fund）要求整頓南韓企業結構，韓電因此在2001年將負責製造核電設備的韓國重工出售給民營企業斗山集團，再次開啟了私人資本參與核電產業的時代。

透過收購、合資、股權轉移打造了核電公民營協力集團之後，韓電及其子公司一手承包1997年之後的13座反應爐，並在國內市場趨近飽和之際，將本國設計的反應爐與電廠出口轉外銷，成為少數集電廠營運、工程設計、設備製造於一身的國際核能公司。根據其2021年財務報告，韓電有157個子公司，總資產超過200兆韓圓（Korea Electric Power Corporation 2021: 1, 73-75），而這一切都始於1976年的核能技術國產化政策，以及為了打造本土核電產業，發明出一系列配套的市場、制度與組織安排，進而構成了「應用研究—技術轉移—產業化—人才培育」的擴張循環。

## 五、開發體制的差異及其後果

台韓核能開發體制兩相對照（見圖7），第一項最明顯的差異是關鍵行動者的配置方式不同，尤其是國家級核能研究機構的歸屬與作用。在南韓，接受經濟企劃院與科學技術部指揮的原子力研究院，以民用發電為重心，扮演了挑選核能技術、尋找外國合作伙伴、技術轉移給本國產業、設計新一代反應爐等角色。除此之外，原子力研究院建立了南韓最早也最活躍的核能人才訓練中心（Lee 2007: 36），提供國內外核能技術人員進行再訓練，1981年並於院內成立原子力安全中心，為新近開始運轉的古里1號提供安全規範與協助，該中心在1990年脫離原子力研究院並更名為韓國原子力安全技術院，成為獨立的核電安全監管與研究單位。

至於台灣，隸屬軍方的核研所在協助民用核電開發上，雖然不到交了白卷的地步，但其參與和貢獻實難與南韓的原子力研究院相

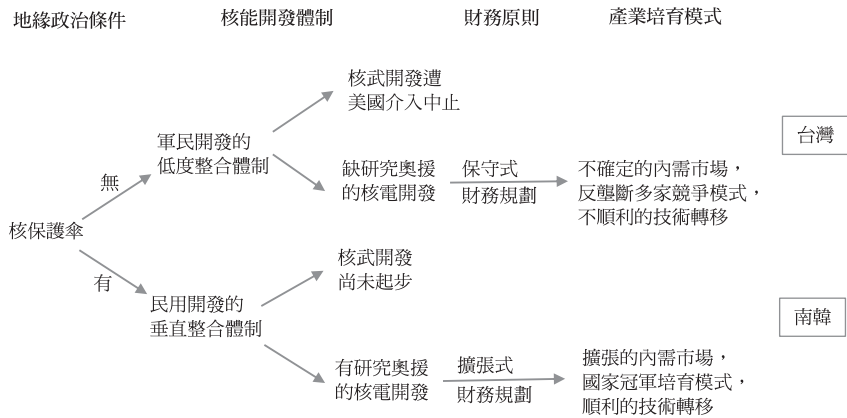


圖 7 台韓核能開發體制的比較，1960s-1980s

資料來源：筆者繪製。

比。<sup>26</sup> 於是台灣的核能開發體制面對一個弔詭的情況：核研所擁有最多人力資源與研究經費，傾全力進行最終被美國施壓瓦解的核武研究，其對重水反應爐的研究成果既難以轉移給使用輕水系統的核電部門，軍方的祕密文化又讓其疏於協助民用核電開發；而迫切想要發展核電的經建部門與台電，手中卻欠缺有能力協助技術開發與技術轉移的研究機構。台電之下固然有研究部門關注綜合性的電力與能源研究，但核電僅是其中一項。由研究經費的角度觀之，科學發展計畫中核能研究的經費，除了原能會編列的款項，另有一項與核電相關的研究項目，<sup>27</sup> 編列在工業與應用科學研究之下的「能源工業」中，由台電負責執行。然而，台電負責的核電研究，只是能源工業研究的六大項目之一，<sup>28</sup> 整個能源工業研究的年平均研究經費約新台幣

26 在 1966 到 1979 年這 14 年間，核研所支援核電開發的行動，僅有協助訓練輻射計測及計量人員、協助規劃蘭嶼核廢料儲存計畫、代台電製作核能儀器 1 批等 3 項（國防部中山科學研究院 1979b）；1976 到 1981 年底，則支援台電建廠、試運轉、歲修，調撥器材 50 餘件，代製儀具 8 案，以及接受台電委託的專案工作與專題研究 7 項（台灣電力公司 1989：參-223）。

27 研究內容包含核能工程技術、反應爐型式、核燃料製造與滋生反應爐技術。

28 另外五項分別是：原油與天然氣（中油負責執行）、地熱資源（聯合礦業研究中心）、煤礦開發（聯合礦業研究中心）、綜合能源調查研究（聯合礦業研究中心）、水力資源（台電）。

2,000 萬元，核電項目能從中分到多少比例目前仍然未知，若取 6 個項目的平均，大約是每年 330 萬元。相較於核研所的反應爐技術與應用項目，研究經費年平均是 5,000 萬元（科學發展指導委員會 1969b, 1969c），南韓原子力研究院 1969 到 1980 年的年平均研究經費，換算約為新台幣 6,700 萬元（한국원자력연구원 2019: 550）；若將研究經費視為研究能量的指標，台電與另兩個機構之研究能量可謂相距甚遠。除此之外，台灣國營事業下設的研發單位，待遇過低很難吸引好的研究人才（劉素芬訪問 2020: 200），而南韓原子力研究院提供一般政府雇員三倍的薪水，以確保留下最優秀的人才（Lee 2007: 36）。在經費、研究人才的限制下，台電研究單位是否能承擔南韓原子力研究院在技術轉移、產業化所扮演的角色，令人存疑。因此，1970 年代末期台灣經建部門將核電開發的重心，放在電廠的工程設計，而非技術、資金密集的蒸氣供應系統與汽輪發電機，除了工程是經建部門與台電的強項外（Wade 1990: 219-220），也因為缺乏如臂使指的研究機構，電廠工程設計或許是此限制之下所能做的最佳選擇。

第二，台韓在打造本國核電內需市場有不同作法。1980 年代初期兩國都有電力過剩的問題，南韓在備用容量高達 80% 的情況下，1981 到 1983 年仍陸續興建 4 座核電機組，在需求面上維持核電內需市場的擴張，以避免設備與人員閒置，並在這段期間變更招標與承包規則，以利於進行技術本土化。台灣卻選擇避免生產過多閒置電力，在 1982 年暫緩核四計畫。若如趙耀東當年所言，核四 5 年內不會動工，即表示在核三廠的馬鞍山 2 號機於 1985 年完工後，台灣核電產業會面臨兩年無核電廠可建的空窗期，這不利於轉移外國核能技術與扶植本土核電產業。然而在解釋台韓為何做出不同選擇的問題上，由於核能相關的台灣檔案並未全部公開，目前尚無法有準確的答案，以下筆者嘗試從發展型國家的角度提出可能的解釋。

台韓不同選擇所反映的，是兩國政府雖然在 1970 年代都追求出口深化及重化工業的發展，但以完全不同的方法來執行（Cheng 1993:

117-122) ,<sup>29</sup> 更精確地說, 台韓採用不同的金融貨幣政策來支撐產業發展。已有許多學者指出, 台灣以中央銀行為首的財政部門, 將控制通貨膨脹及維持物價穩定視為經濟發展的指導原則, 不會犧牲物價穩定來極大化經濟成長率, 甚至為了降低通膨與維持物價, 可犧牲部分成長率 (王振寰、蔡青蓉 2009: 42; 鄭力軒、王御風 2011: 20; Amsden 1985: 90; Fields 1995: 141; Wade 1990: 226-227, 263) 。維持國內高利率、低通膨, 動員家戶儲蓄來支撐投資, 少借外債、穩定匯率並維持國際收支平衡因此成為台灣政府的標準作法, 而其後果就是財政部門極注重國營事業的收支平衡, 反對缺乏經濟效益的公共投資與政府支出。擲節支出、預算平衡、追求穩健經濟成長的律令, 同樣銘刻在經建官僚的腦中。在 1982 年當時, 既無民間反核抗爭, 又有李國鼎倡議組建本土核電產業, 趙耀東卻破壞了打造核電內需市場的節奏, 主動暫緩興建核四, 這項突兀的舉動<sup>30</sup> 以依循保守財政原則來解釋或者較為合理; 趙耀東在 1994 年接受媒體採訪時也表示, 「是因為當時電力充足, 依國家建設優先順序, 並未急迫, 而且興建核四的經費有很大利息負擔, 我當時才決定延遲 [ 興建核四 ]」 (經濟日報 1994) 。反之, 南韓 1960 年代末期以降的發展邏輯則是, 為追求經濟成長的極大化, 政府設定極高的成長目標, 在企業與政府的層次都進行擴張型的財務操作, 接受一定程度的通膨與物價不穩。低利率、低於台灣的儲蓄率造成的投資資金缺口, 使南韓籌借大量外國資金, 再由政府以優惠政策融資 (policy loans) 給冒著高風險投入指定產業的國內企業, 以促成政府指定產業的快速擴張; 國際收支平衡的問題則以出口擴張賺取外匯來解決 (Amsden 1989: 73; Cumings 1997: 314-318; Fields 1995: 108-109; Scitovsky 1985: 236, 242) 。核電產業

---

29 最明顯的例子就是第一次石油危機時, 台韓採用了完全不同的應對方式, 南韓放任貨幣貶值, 以外匯存底來支付經常帳赤字, 再透過國內與國外借貸, 加速並擴張重化工業的發展; 台灣則是維持固定匯率, 控制進口成長, 並裁減縮小工業發展計畫 (Cheng 1993: 122; Woo 1991: 127-128) 。

30 稱之為「突兀」, 是因為趙耀東與李國鼎都被歸類為出身美援、資源會系統的「強國派」, 該派主張產業升級與技術追趕 (夏傳位 2019: 73-74, fn.6) , 暫緩核四似與「強國派」的立場不無出入。

正是分配到大量外借資金進行快速擴張的重點產業之一（Woo 1991: 154），只不過其執行單位並非如鋼鐵、造船、石化產業一般選擇私人財閥，而是國營的韓電。因此，南韓的情況是，為了扶持本土核電產業，達成技術本土化、設備國產化的目標，擴張核電內需市場所造成的短期電力過剩與虧損是可以接受的代價。

第三，南韓扶植核電產業的國家冠軍（national champion）有一系列的配套措施，從擴張內需市場，到限定特定企業獨占核電廠興建的承包製造資格，搭配技轉條款擇優的招標方式，甚至付出較高的核電興建成本來達成技術本土化的目標（見表 3）。如果比較興建時間接近的台韓反應爐造價，可以發現兩國第一座反應爐的總造價差距不大，但南韓於 1976 年進行核電技術自主計畫之後，反應爐的造價便高出台灣甚多。南韓古里 2 號造價是台灣國聖 2 號的 1.47 倍，古里 3 號是馬鞍山 2 號的 1.44 倍，而南韓首座自力興建的韓光 3 號，造價也比估算 1989 年在台灣興建反應爐的造價高出四分之一。

與之相較，台灣的核電開發若不是釋放彼此矛盾之訊號，就是政府明確表態支持核電擴張，但隨即引來外部反彈。在矛盾訊號的部分，除了 1982 年於籌組核電產業的聲浪中暫停核四興建的例子外，歷經兩次石油危機，使得政府致力推動各種節能計畫以及向低耗能產

表 3 台韓核電機組造價

台反應爐	建造時間	美元造價 <sup>a</sup> (A)	韓反應爐	建造時間	美元造價 (B)	B/A
金山 2 號	1971-1978	370,000,000	古里 1 號	1972-1978	397,239,257	1.07
國聖 2 號	1975-1983	828,947,368	古里 2 號	1977-1983	1,222,411,157	1.47
馬鞍山 2 號	1978-1985	1,234,250,798	古里 3 號	1979-1985	1,774,690,083	1.44
估算 1989 年 馬鞍山 2 號 <sup>b</sup>	1989-	1,658,729,864	韓光 3 號	1989-1995	2,110,265,486	1.27

資料來源：立法院公報處（1985）、韓國電力 40 年史編纂委員會（2001: 301-330）、韓國電氣百年史編纂委員會（1989: 624-626, 636-646）。

<sup>a</sup> 美元造價根據興建第一年之美元匯率換算，台灣與南韓若只提供 2 座機組的總造價，單機反應爐造價以第一座機組興建年美元匯率換算後再除以 2。

<sup>b</sup> 台灣在 1985 年之後就沒有反應爐完工，本列以馬鞍山 2 號的美元造價為基準，再以每年通貨膨脹率 3% 來估算台灣在 1989 年興建反應爐的可能造價，最後與 1989 年開始興建的韓光 3 號造價比較。

業轉型也是一例（劉素芬訪問 2020: 191；瞿宛文 1995: 46）。台灣推動核電產業，同時又進行從高耗能石化到低耗能科技業的轉型，如果轉型成功，則削弱扶植核電產業的必要性。又有經濟部與台電為引進核電廠工程技術，與外國合資成立工程顧問公司，但為了節省預算、避免單一公司壟斷國內核電工程市場，扶持一個以上的國內工程顧問公司，名曰競爭有助於提升技術水準、加速訓練核能人才，最後卻引發本國工程顧問公司對前景不明的焦慮（袁宗綺 1981）。最後，經建部門規劃從核四廠開始，要在招標規定中加上技術轉移的審查，技轉比例越高的廠商越有可能得標（聯合報 1992），然而原能會、經濟部長在反核抗爭的壓力下，又紛紛出面表示台灣不會再興建新核電廠，如果電力不足，會以現址增加核電機組的方式進行（經濟日報 1993；聯合報 1992）。這又再度釋放混合訊號（mixed signal），令人難以判斷台灣核電內需市場的前景。

引發外部反彈的則是核四預算案的編列。經濟部在 1982 年提出暫緩興建核四之後，台電仍積極籌備招標事宜，並在 1984 年提出 1700 億元的核四建廠預算（中國時報 1984），相較於前三座核電廠 127 億元、219 億元、357 億元的初始預算，核四預算實為天價。目前並不清楚是否因為核四要進行電廠工程設計、核心設備的技術轉移，因而造成預算大幅飆高，但這個對於核電內需市場的好消息，卻引發立法委員在 1985 年的施政總質詢中連番抨擊，揪出前三座核電廠預算連續追加的問題，<sup>31</sup> 並指責台電提出 6 倍於核三的預算，有編列浮濫浪費公帑之嫌，最後演變成立法院首次使用預算審查權，抵制核四預算的集體行動（經濟日報 1985；劉華真 2020: 82-84；聯合報 1985a, 1985b），進而在一個月後促成行政院公開宣布核四暫停興建（中國時報 1985）。

---

31 三座核電廠的完工預算是 296、630、913 億台幣，分別是初始預算的 2.3、2.9、2.6 倍。

## 六、結論

台韓核電擴張政策之所以產生不同結果，是因為在不同的地緣政治條件下，兩國打造了不同的核能開發體制。基於中國成功建造原子彈以及後續台美軍事聯盟的瓦解，台灣比南韓有更強烈的核武開發意圖，這反映在國家級核能研究機構隸屬軍方，軍用核武開發取得了大多數的核能研究資源，早期核能人才有相當數量具軍方背景，敏感的技術轉移（再處理技術、燃料元件製造）也在軍方掌控之下。但軍用開發著重於核武物料的取得以及重水反應爐的設計建造，其研究成果難以銜接採用美國輕水反應爐的核電開發，最後在美國介入的情況下，瓦解了台灣的核武開發。至於核電開發一方面因為開發體制中研發與製造部門的銜接困難，加上保守財政原則，一旦電力過剩就會延遲核電廠的建造計畫，難以打造「應用研究—技術轉移—產業化—人才培育」的循環。台灣核能開發體制的配置，使核武與核電開發競爭有限資源，且兩方研究成果無法互通，而核電開發又欠缺研究資源與財務協助，分散且低度整合的開發體制不利於後續的核電擴張。

南韓的核能開發體制是一條鞭式的指揮管理體制，所有的研究資源都投注給不隸屬軍方的原子力研究院，並由其決定技術轉移應採取何種形式。南韓在 1950 與 1960 年代對核能的興趣在於以核電解決供電不足的問題，而 1970 年代的石油危機也強化了南韓「以核電取代石油」的能源政策。但在 1970 年代地緣政治情勢的轉變下，既有的民用核電開發新添加了核武開發的任務。南韓的核武開發，恰逢印度核子試爆與核供應國收緊物料和技術轉移的時刻，因此南韓未能購得可生產核武物料的小型重水反應爐，而再處理設備與核燃料製造設備的交易，也遭到美國阻擋。但在美國重申與南韓的軍事聯盟關係，公開表明南韓在其核保護傘下後，南韓將核武開發的動力轉回核電開發。在「國造反應爐」的指導原則下，經建部門無視電力供應是否過剩（overcapacity），連續興建多座核子反應爐，由原子力研究院協

助技術轉移，以達成核電廠設備本土化、核燃料自製以及國產反應爐的目標。從第 10 座反應爐開始，南韓即裝配自製反應爐，並打造了「應用研究—技術轉移—產業化—人才培育」循環，進而使得後續的核電擴張成為可能。

比較台韓的核能開發體制，除了可以部分解釋 1980 年代中期兩國核電擴張或停滯的表現差異外，其實也帶入幾項值得進一步討論的議題。首先，現有核武與核電研究有著明確的界線。非核擴散文獻止步於解釋各國核武計畫被中止的方式，以及該國日後繼續開發核武的可能性；電力能源研究的文獻關注核電在能源轉型與氣候變遷中的角色，並比較各國能源政策的不同走向。核武與核電開發的內在關連不是這兩類文獻的關注焦點。台韓核電政策的文獻，幾乎都不處理先前核武開發的歷史，少數有處理的作品也僅指出核武與核電共享一種不透明、不受公眾監督、因此也不必負責任的核能文化（Hsu 2015, 2017）。關注核能開發體制的文獻，又多為個案分析（Amir 2010; Hecht 2009; Yoshioka 2005），少有比較研究釐清造成各國不同核能開發體制的原因。本文企圖指出，台灣在沒有核保護傘的情況下，將資源大量投入核武開發，排擠了核電發展的研究資源；而南韓在明確取得美國的安全保證之後，將大部分的資源投入核電開發與產業化，進而影響了兩國核電開發的前景。核能同時作為武器材料與能源，不應該被切割處理。以整體性（holistic）的觀點來處理核能的兩個面向，有助於我們理解地緣政治與軍事需求如何影響核能開發體制的構造方式，這也是解釋台韓核電停滯與擴張的第一步；接下來才能更準確地處理，規模強弱不一的核能開發體制如何型塑兩國反核運動的抗爭劇碼與媒體論戰。

再者，黃崇憲（2008: 361-362）曾指出台灣在二戰之後是個戰爭社會，社會科學界對於軍事動員的研究卻極為稀少。本文延續同樣的思路，希望進一步指出，「將軍隊帶回來」（bringing the military back in）不應侷限於戰後國家形成（state formation）的面向，事實上軍隊如何影響經濟積累體制，也是值得開拓的方向。從台灣戰後

發展的歷史來看，台灣軍方是否真如安士敦與 Robert Wade 所言，在 1960 年代後失去對經濟事務的影響力，安享退輔會經營軍需事業帶來的豐厚利潤，並退出台灣政治經濟的舞台中心（Amsden 1985: 99-101; Wade 1990: 265），實有商榷的空間。台灣核能開發體制的打造過程提醒我們，1970 年代產業升級的需求，其實與改變中的地緣政治條件和升高的國安危機密不可分。追求重化、造船、鋼鐵、工具機、能源產業的自主自立，正因為與軍需工業密切相關，反而讓軍方與經建部門展開新一輪的資源和指揮權競爭。近年解密的檔案已經證實，南韓以軍事需求拉抬重化機械工業，促成資本積累（Kwon 2018, 2020），台灣軍事需求與資本積累的關連，究竟是類似南韓或是呈現零合競爭關係，值得進一步探索。

最後，如果核能開發體制的打造，只是兩國日後核電停滯或擴張這個銅板的一面，銅板的另一面就是既有核能開發體制如何壓制較晚出現的反核運動，以及兩者間的互動、衝突與後果。從反核運動的角度來看，現有研究將分析焦點集中在運動的內部組織、社會支持基礎、政黨聯盟與運動後果，很少以政治經濟學的角度去分析該運動的對手。這樣的作法，若只是單一國家的個案研究，或者問題不大，一旦進行反核運動的跨國比較，若仍將視野限於運動組織、政治聯盟與運動成果的話，很可能引導出錯誤的結論。以台韓反核運動來說，若僅比較兩國反核抗爭的頻率與強度，再到反核組織的內部凝聚力與外部政黨連結，最後再對比兩國反核運動的成果，將容易誇大台灣反核運動且低估南韓反核運動的能動性。如果在 1985 年台灣僅憑百來名立法委員、學者和記者，就可以營造龐大的停建核四聲浪（彭倩文 1987），南韓在 1989 年也有 10 所大學校長聯名聲明、百萬人的簽名運動，仍然無法阻擋韓光 3、4 號反應爐的興建（홍덕화 2019: 192）。究其原因，台灣面對的是武功被廢掉一半的核能開發體制與單一核工系所，南韓面對的卻是由多家企業組成、具有反應爐製造能力的公民營電力集團，以及占據知識戰略高地的原子力研究院和多間大學核工系所。這或許提醒我們：欠缺對核能開發體制的理解，將難

以準確判斷反核運動的實力與成就。

誌謝：本文研究資料來自科技部研究計畫（MOST 108-2410-H-002-207-MY3），感謝黃仲玄、金俊植、林冠廷、林博謙、黃彥凱、李明珊協助資料蒐集、整理逐字稿、以及校訂全稿；感謝金俊植的韓文翻譯，張勝涵、吳澄澄、莊舒晴、林振傑、高珮瓊、黃彥凱，或引介受訪者，或隨時提供有趣的核能資訊，或評論不成熟的初稿。更要特別感謝蘇致亨與黃仲玄，閱讀多份修訂稿並給予寶貴的意見。兩位匿名審查人與編委會詳盡又中肯的建議，在此一併致謝。文稿疏漏之處，由筆者負全責。

### 附錄 1 台灣核子反應爐基本資料

機組	輸出功率 (MWe)	反應爐	建造形式	工程設計 (A/E)	蒸氣供應系統 (NSSS)	汽輪發電機 (T/G)	建造時間
金山 1 號	604	BWR	外國統包	Ebasco	GE	WH	1971-1978
金山 2 號	604	BWR	外國統包	Ebasco	GE	WH	1972-1979
國聖 1 號	985	BWR	外國統包	Bechtel	GE	WH	1975-1981
國聖 2 號	985	BWR	外國統包	Bechtel	GE	WH	1975-1983
馬鞍山 1 號	936	PWR	外國統包	Bechtel	WH	GE	1978-1984
馬鞍山 2 號	938	PWR	外國統包	Bechtel	WH	GE	1978-1985
龍門 1 號	1350	ABWR	台電分包	Stone & Webster	GE/ Toshiba	Mitsubishi	1999-
龍門 2 號	1350	ABWR	台電分包	Stone & Webster	GE/ Toshiba	Mitsubishi	1999-

資料來源：World Nuclear Association（2021）、原子能委員會（2022）。

英文縮寫說明：BWR（Boiling Water Reactor，沸水反應爐）、PWR（Pressurized Water Reactor，壓水反應爐）、ABWR（Advanced Boiling Water Reactor，進步型沸水反應爐）。工程設計、蒸氣供應系統、汽輪發電機供應者國別說明：Ebasco（美國）、Bechtel（貝泰，美國）、Stone & Webster（美國）、GE（General Electrics，奇異，美國）、WH（Westinghouse，西屋，美國）、Toshiba（東芝，日本）、Mitsubishi（三菱，日本）。

## 附錄 2 南韓核電廠反應爐基本資料

機組	功率 (MWe)	反應爐	建造形式	工程設計 (A/E)	蒸氣供應系統 (NSSS)	汽輪發電機 (T/G)	建造時間
古里 1 號	576	PWR	外國統包	Gilbert	WH	GEC	1972-1978
古里 2 號	640	PWR	統包	Gilbert	WH	GEC	1977-1983
月城 1 號	661	PHWR	統包	Canatom	AECL	NEI Parsons	1977-1983
古里 3 號	1011	PWR	分包	Bechtel	WH	GEC	1979-1985
古里 4 號	1012	PWR	分包	Bechtel	WH	GEC	1980-1986
韓光 1 號 <sup>a</sup>	996	PWR	分包	Bechtel	WH	WH	1981-1986
韓光 2 號	988	PWR	分包	Bechtel	WH	WH	1981-1987
韓蔚 1 號 <sup>b</sup>	968	PWR	分包	Framatome	Framatome	Alsthom	1983-1988
韓蔚 2 號	969	PWR	分包	Framatome	Framatome	Alsthom	1983-1989
韓光 3 號	986	PWR	自製 / 分包	KOPEC (Sargent & Lundy)*	KHIC (CE)*	KHIC (CE)*	1989-1995
韓光 4 號	970	PWR	自製 / 分包	KOPEC (Sargent & Lundy)*	KHIC (CE)*	KHIC (CE)*	1990-1996
月城 2 號	632	PHWR	自製 / 分包	AECL	AECL	KHIC	1992-1997
韓蔚 3 號	997	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	1993-1999
韓蔚 4 號	999	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	1991-1999
月城 3 號	648	PHWR	自製 / 分包	AECL	AECL	KHIC	1994-1998
月城 4 號	634	PHWR	自製 / 分包	AECL	AECL	KHIC	1994-1999
韓光 5 號	994	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	1997-2002
韓光 6 號	993	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	1997-2002
韓蔚 5 號	998	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	1999-2004
韓蔚 6 號	997	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2000-2005
新古里 1 號	997	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2006-2011
新古里 2 號	997	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2007-2012
新月城 1 號	997	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2007-2012
新月城 2 號	993	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2008-2015
新古里 3 號	1416	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2008-2016
新韓蔚 1 號	1340	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2012-
新韓蔚 2 號	1340	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2013-
新古里 4 號	1340	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2009-
新古里 5 號	1340	PWR	自製	KOPEC	KHIC	KHIC	2017-

資料來源：IAEA (2020), Park (1992: 725, table 7), Sung and Hong (1999: 307, table 1)。

英文縮寫說明：PHWR (Pressurized Heavy Water Reactor, 重水反應爐)。

工程設計、蒸氣供應系統、汽輪發電機供應者國別說明：Gilbert (美國)、Canatom (加拿大)、Framatome (法國)、Sargent & Lundy (美國)、AECL (Atomic Energy of Canada Ltd, 加拿大)、GEC (The General Electric Co., 英國)、NEI Parsons (加拿大)、Alsthom (法國)、CE (Combustion Engineering, 美國)、KOPEC (韓國電力技術株式會社, 韓電子公司, 南韓)、KHIC (韓國重工, 韓電子公司, 南韓)。

\* 括號內為分包商

<sup>a</sup> 韓光原名為靈光

<sup>b</sup> 韓蔚原名為蔚珍

## 附錄 3 台灣核子武器發展預定目標

年度	目標	說明
1971	小型廢料處理廠建成 小型黃餅淨化廠建成 微功率反應器正式運轉 七百萬電子伏特加速器正式運轉	中間目標：廢料處理廠之先導廠 中間目標：淨化廠之先導廠 中間目標：訓練人員及改裝脈動反應器 取有關中子物理及核子物理數據
1972	離心分離實驗室建成 燃料再處理實驗室建成 震波實驗室建成 脈動反應器改裝完成	研究鈾 235 以外其他同位素之分離 中間目標：燃料再處理場之先導廠 獲取有關數據供設計核子武器用 為設計快中子反應器和輕型動力反應器提供數據及設計經驗
1973	鈾實驗 卡門管製成 引爆時間控制裝置設計完成	年產二氧化鈾二十三公克（尚未開始生產） 供核爆裝置所需中子源之用 供核爆裝置時間控制之用
1974	重水實驗反應器正式運轉 廢料處理廠建成 黃餅淨化廠建成 同位素實驗室建成	由乏燃料提煉分裂物質鈾 供處理放射性廢料用 生產二氧化鈾—金屬鈾—反應器爐心 生產同位素
1975	鈾金屬提煉廠建成 年產二氧化鈾五十噸 燃料元件廠建成 年產鈷六十：五萬居里	生產鈾金屬—反應爐核心 供鈾金屬提煉用 製造反應爐核心
1976	年產鈾金屬 40 噸 年產爐心三個 引爆技術解決 中子源製成	供製造反應爐核心用 供重水反應器之用 為核彈裝置提供引爆技術 供核彈引爆裝置之用
1977	燃料再處理廠建成 鈾金屬加工廠建成 快中子反應器正式運轉	生產分裂物質之中間產物二氧化鈾及二氧化鈾（鈾 233） 提煉高純度鈾供核爆之用 為設計核爆裝置提供數據與經驗
1978	鈾金屬提煉廠建成 年產鈾 233 約一公斤半	生產金屬鈾
1979	年產武器級鈾十公斤 輕型動力反應器建成 無引信核彈製成 引爆器製成	供核爆裝置之用 供艦艇動力之用並為發展大型反應器之基礎 完成核爆裝置之彈體 完成核爆裝置之引爆部分
1980	超臨界試驗	完成核爆裝置之試驗

資料來源：總統府（1970: 88-89）。

附錄 4 1970-1979 年中科院核研所預算運用

品項	經費(台幣)	建造日期	完工日期	來源
40MWe 重水反應爐	1,735,260,000	1969/6	1973/4	加拿大 (AECL)
核燃料元件製造廠	912,540,000	1971/4	1973/9	法國 (CERCA)
核燃料原料 (金屬鈾與粗製鈾)	615,560,000			南非 / 西德
高放射實驗室 (熱室)	438,590,000	1971/6	1977/10	自建 (設備來自美、德、日、法)
乏燃料再處理設施第一期	521,150,000	1969/10	1976/12	自建 (瑞典設計、法國設備)
鈾燃料化學實驗室	515,500,000		1974/3	法國 (Saint Gobain)
微功率反應器			1977/2	
同位素生產館			1977/10	
低放射性廢料處理廠			1972/6	
加速器實驗室			1971/3	
核能儀器	471,610,000			
CDC-Byber-73 大型電子計算機	145,500,000			
總計	5,355,716,000			

資料來源：Albright and Stricker (2018: 50-59)、國防部中山科學研究院 (1979c: 30-32, 1979a)。

## 參考文獻

- 中央日報，1981a，〈我國計畫成立民營核能公司 引進技術開發核能工業〉。1月16日。
- ，1981b，〈我決推展核能發電掌握足夠能源供應 行政院院會通過有關政策措施 嚴格實施安全管制與環境保護〉。1月16日。
- 中國時報，1984，〈台電決投資一千七百億建核四廠兩部發電機組〉。5月14日。
- ，1985，〈興建核四廠疑慮未澄清 俞揆指示不必急於動工 要求充分運用各種管道加強溝通〉。5月3日。
- 王振寰，1989，〈台灣的政治轉型與反對運動〉。《台灣社會研究季刊》2(1): 71-116。
- ，1995，〈國家機器與台灣石化業的發展〉。《台灣社會研究季刊》18: 1-37。
- ，2007，〈從科技追趕到創新的經技轉型：南韓、台灣與中國〉。《台灣社會研究季刊》68: 177-226。
- 王振寰、蔡青蓉，2009，〈科技追趕與創新的國家模式：台灣與南韓的專利比較〉。《台灣社會研究季刊》73: 39-76。
- 立法院公報處，1982，〈立法院經濟委員會第七十會期第四次全體委員會議記錄〉。《立法院公報》72(10): 60-77。
- ，1985，〈簡又新書面質詢 為促進十四項重點計劃，籲請行政院重視公共政策運作，以順利完成民國以來之最大公共建設投資〉。《立法院公報》74(14): 29-35。
- 台灣電力公司，1956，〈孫運璿致函經濟部國營事業司司長有關台電原子能訓練、擬購原子能動力反應器說明〉。收入《中美原子能合作（原子電廠專卷）》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0045/412.6/20/0001。
- ，1963，〈台灣利用原子能發電初步研究報告〉。收入《原子能發展計畫》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0054/111.1/7129/0001。
- ，1989，《台灣電力發展史：台灣電業百週年紀念特刊》。台北：台灣電力公司公眾服務處。
- 外交部，1957a，〈Memorandum on U.S. AEC Far East Atoms for Peace Mission〉。收入《中美原子能合作（原子電廠專卷）》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0045/412.6/20/0001。

- ，1957b，〈代電—關於與美方商簽原子能動力協定事〉。收入《中美原子能合作（原子電廠專卷）》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0045/412.6/20/0001。
- ，1980，〈朱撫松呈蔣經國為美國核能非擴散評估訪問團對我核能研究發展表示疑慮盼訪華期間我政府提交相關資料〉。收入《外交—外交事務散件資料（三）》。國史館：數位典藏號 005-010205-00186-001。
- 行政院，1955，〈行政院長俞鴻鈞呈據教育國防兩部呈建議行政院設立原子能委員會一案請核示〉。收入《行政院原子能委員會組織規程及編制》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0044/3440201/001/001。
- ，1966，〈嚴家淦為經合會請進行建立台電核能發電廠案簽請鑒察〉。收入《台電籌建金山核能電廠及其防衛措施》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0055/31606/0010/001。
- ，1969a，〈原能會向加拿大洽購 CIR 型反應器廠事宜〉。收入《我國向加拿大洽購原子反應器設備》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0058/34401/0001/001。
- ，1969b，〈嚴家淦呈台電公司進行籌建核能電廠一案研議處理經過〉。收入《台電籌建金山核能電廠及其防衛措施》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0055/31606/0010/001。
- ，1981，〈行政院第一七一五次會議 原子能委員會擬具核能發電政策草案，經李政務委員國鼎等審查修正，請核議案〉。收入《行政院會議議事錄臺第五一二冊一七一四至一七一六》。國史館：典藏號 014-000205-00539-002。
- 行政院主計處，1955，〈主計處回覆中研院擬創辦原子能研究關於經費部分〉。收入《中央研究院原子能研究之經過及困難情形》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0044/7-10-3-2-1/0001。
- 吳大猷，1988，〈我國「核能」政策史的一個補註〉。《傳記文學》52(5): 41-43。
- 林孝庭，2015，《台海 冷戰 蔣介石：1948-1988 解密檔案中消失的台灣史》。台北：聯經。
- ，2021，《蔣經國的台灣時代：中華民國與冷戰下的台灣》。新北：遠足文化。
- 金俊植，2021，〈冷戰造就發展型國家：台灣與韓國全民儲蓄運動下信用動員與分配〉。台北：國立台灣大學社會學研究所碩士論文。
- 科學發展指導委員會，1967，〈科學發展指導委員會工作簡報〉。收入《科學

- 發展 / 科導會工作進度及核能研究發展》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0056/01020152/1/0001。
- ，1968a，〈科學發展指導委員會工作進度概況暨有關原子能研究發展報告〉。收入《科學發展 / 科導會工作進度及核能研究發展》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0056/01020152/1/0001。
- ，1968b，〈科學發展計劃綱要〉。收入《國家安全會議資料（十二）》。國史館：數位典藏號 005-010206-00025-005。
- ，1969a，〈科學發展計劃〉。收入《國家安全會議資料（十六）》。國史館：數位典藏號 005-010206-00029-004。
- ，1969b，〈科學發展計劃（五月版）〉。收入《科學發展 / 科導會科學發展計劃》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0058/01020143/1/0003。
- ，1969c，〈科學發展計劃附件（五月版）〉。收入《科學發展 / 科導會科學發展計劃》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0058/01020143/1/0003。
- ，1971a，〈科學發展報告〉。收入《國家安全會議資料（二十八）》。國史館：數位典藏號 005-010206-00041-004。
- ，1971b，〈科學發展計劃六十年度各分章計劃檢討報告〉。收入《國家安全會議國科會研究報告》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0057/22408/0001/001。
- 袁宗綺，1981，〈技術轉移的困擾〉。《天下雜誌》7: 56-58。
- 郝柏村，1999，《八年參謀總長日記（下）》。台北：天下文化。
- 財政部，1955，〈財政部回覆中研院擬創辦原子能研究一案〉。收入《中央研究院原子能研究之經過及困難情形》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0044/7-10-3-2-1/1/0001。
- 原子能委員會，1965，〈推進我國原子能積極發展之初步計劃〉。收入《原子能發展計畫》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0054/0111.1/7129/0001。
- ，2022，〈核能電廠基本資料〉。2月17日。取自 [https://www.aec.gov.tw/核能管制/核能電廠基本資料--3\\_19.html](https://www.aec.gov.tw/核能管制/核能電廠基本資料--3_19.html)
- ，n. d.，〈龍門（核四）電廠基本資料〉。取自 [https://www.aec.gov.tw/share/file/regulation/KDpFAXM5gXhR~FyhumFYOw\\_.pdf](https://www.aec.gov.tw/share/file/regulation/KDpFAXM5gXhR~FyhumFYOw_.pdf)
- 國防部，1965，〈蔣經國擬呈《推進我國原子能積極發展之初步計劃》檢討意見〉。收入《原子能發展計畫》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0054/0111.1/7129/0001。
- ，1966，〈呈報本部為籌建中山科學研究院，向西德接洽有關核能研究之設

- 備，擬以經濟部名義辦理有關手續〉。收入《向西德接洽有關核能設備案》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0055/7-10-3-2-3/7/0001。
- 國防部中山科學研究院，1979a，〈中山科學研究院計畫處彙編中山科學研究院歷年來羅致國內外學人專家來院工作檢討資料〉。收入《軍事—中山科學研究院工作成果表等》。國史館：數位典藏號 005-010202-00151-002。
- ，1979b，〈中山科學研究院軍公民營工業與學術機構配合發展項目表〉。收入《軍事—中山科學研究院工作成果表等》。國史館：數位典藏號 005-010202-00151-003。
- ，1979c，〈唐君鉞報告國防部中山科學研究院工作報告簡報資料〉。收入《軍事—飛彈研究發展計畫執行進度及檢討報告等》。國史館：數位典藏號 005-010202-00150-002。
- ，1979d，〈國防部中山科學研究院與國外技術合作運用成效表〉。收入《軍事—中山科學研究院工作成果表等》。國史館：數位典藏號 005-010202-00151-004。
- 國家安全會議，1968，〈中華民國科學技術資源與需要訪問團（即美國總統科學顧問賀尼克訪問團）上詹森總統報告書〉。收入《國家安全會議資料（七）》。國史館：數位典藏號 005-010206-00020-006。
- 清華大學圖書館，2020，〈清華原子爐創建書信展〉。取自 <https://archives.lib.nthu.edu.tw/history/gallery/special/2020.pdf>
- 夏傳位，2019，〈台灣的新自由主義時刻：危機、典範競逐與新古典經濟學者的進擊〉。《台灣社會學刊》66: 55-124。
- 郭昕光，2021，〈韓國核電發展的成就與挑戰〉。《國際關係學報》52: 1-31。
- 陳儀深訪問，2016，〈核彈！間諜？CIA：張憲義訪問紀錄〉。新北：遠足文化。
- 賀立維，2015，〈核彈 MIT：一個尚未結束的故事〉。新北：我們出版。
- 彭倩文，1987，〈核能四廠建廠爭議：一個社會學的分析〉。台北：東吳大學社會學研究所碩士論文。
- 黃崇憲，2008，〈利維坦的生成與傾頹：台灣國家研究範例的批判性回顧，1945-2005〉。頁 321-392，收入謝國雄編，《群學爭鳴：台灣社會學發展史，1945-2005》。台北：群學。
- 黃鈞銘編，2014，《原子能與清華》。新竹：清華大學出版社。
- 經濟日報，1980，〈李國鼎說：引進核能技術現為最佳時機〉。12月17日。
- ，1981，〈台電籌設台灣核能公司 奇異等五著名廠商爭取與我合作投資〉。3月5日。

- ，1982a，〈台電與核能研究所 籌組台灣核能公司〉。3 月 2 日。
- ，1982b，〈核能四廠的反應器 台電延緩招標〉。11 月 29 日。
- ，1985，〈立委審查預算向來「退縮」但對核四廠卻表現「出色」〉。4 月 11 日。
- ，1993，〈核能發電資訊將透明化 經部：不會建核五、六廠〉。3 月 28 日。
- ，1994，〈趙耀東細說延遲興建原因 十幾年前，電力充足，核四並非迫切需要〉。6 月 7 日。
- 經濟部，1979，〈台灣地區能源政策〉。收入《台灣地區能源發展原則》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0057/1-1-12-5/55/0002。
- ，1980，〈台灣地區能源政策執行情形檢討報告表（六十九年七月至九月）〉。收入《能源政策及相關法規》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0067/A-2.24.1/01/0002。
- ，1981，〈台灣地區能源政策執行情形檢討報告表（七十年七月至九月）〉。收入《能源政策及相關法規》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0067/A-2.24.1/01/0002。
- ，1984，〈台灣地區能源政策執行情形檢討報告表（七十三年一月至三月）〉。收入《能源政策及相關法規》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0067/A-2.24.1/01/0002，附件編號 31748。
- 經濟部能源局，1971，〈經濟部能源政策審議小組核能計劃專案研討會議記錄〉。收入《電力》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0060/133/1/0001。
- ，1978，〈原子能委員會核能研究所倡議儘速建立整體核能工業，本部意見如附〉。收入《修正草案》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0067/121-1/1/0001。
- 經濟建設委員會，1979，〈台灣地區能源政策部分條文實施辦法及計畫意見表〉。收入《台灣地區能源發展原則》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0057/1-1-12-5/55/0004。
- ，1983，〈台灣地區能源政策執行情形檢討報告表〉。收入《能源政策及相關法規》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 A329000000G/0067/A-2.24.1/01。
- 詹欣，2013，《冷戰與美國核戰略》。北京：九州出版社。
- 劉素芬訪問，2020，《李國鼎先生訪問紀錄：台灣科技政策發展》。台北：中央研究院近史研究所。
- 劉華真，2020，〈台灣反核運動的開端：1979-1986〉。頁 73-92，收入張翰璧、

- 楊吳編，《進步與正義的時代：蕭新煌教授與亞洲的新台灣》。高雄：巨流。
- 駐美大使館，1957，〈與美商訂包括動力之原子能協定事〉。收入《中美原子能合作（原子能專卷）》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0045/412.6/20/0001。
- 鄭力軒、王御風，2011，〈重探發展型國家的國家與市場：以台灣大型造船業為例，1974-2001〉。《台灣社會學刊》47: 1-41。
- 聯合報，1981，〈台電計劃集結公民營單位 在明年初前成立核能公司 並興建核燃料工廠 成為自主工業體系〉。7月16日。
- ，1982，〈當前電力供過於求 第四核能電廠 近期不會動工〉。10月22日。
- ，1985a，〈台電先斬後奏 立委反對到底 大決策與大不滿〉。4月9日。
- ，1985b，〈核四預算三級跳 效益不斷往下降；核三在先開惡例 立委嚴厲質疑；尊重專家抑民意 引起強烈爭議〉。4月11日。
- ，1992，〈許翼雲：台灣不會再建核五、核六廠 原委會只現有廠址增加新機組可能性較大 核四招標將優先考量技術轉移〉。12月1日。
- 鍾堅，2004，《爆心零時：兩岸邁向核武歷程》。台北：麥田。
- 總統府，1955a，〈中研院長朱家驊呈總統有關中央研究院原子能研究之經過及困難情形〉。收入《中央研究院原子能研究之經過及困難情形》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0044/7-10-3-2-1/1/0001。
- ，1955b，〈張羣呈蔣介石有關行政院設立原子能委員會以及原子能研究之執行機構〉。收入《行政院原子能委員會組織規程及編制》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0044/3440201/0001/001。
- ，1965a，〈張羣、周至柔轉呈國防部長蔣經國之推進原子能積極發展初步計劃檢討意見〉。收入《原子能發展計劃》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0054/0111.1/7129/0001。
- ，1965b，〈致行政院嚴院長為核示推進我國原子能積極發展之初步計劃案〉。收入《原子能發展計畫》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0054/0111.1/7129/0001。
- ，1966，〈張群轉呈嚴家淦簽有關台電洽美國進出口銀行洽談核能發電計劃貸款〉。收入《台電籌建金山核能電廠及其防衛措施》。國家發展委員會檔案管理局：檔號 0055/31606/0010/001。
- ，1969，〈桃園計畫節略報告〉。收入《專案計畫—迦南計畫桃園計畫良友計畫再興計畫光復專案等》。國史館：數位典藏號 005-010100-00033-002。
- ，1970，〈民國五十九年國軍軍事戰略計畫遠程戰略判斷（三）〉。國史

- 館：數位典藏號 005-010202-00066-001。
- 瞿宛文，1995，〈進口替代與出口導向成長：台灣石化業之研究〉。《台灣社會研究季刊》18: 39-69。
- 韓國電力 40 年史編纂委員會，2001，《韓國電力四十年史》。首爾：韓國電力公社。
- 韓國電氣百年史編纂委員會，1989，《韓國電氣百年史（上）》。首爾：韓國電力公社。
- 경향신문，1968，〈우리도 핵開發政策（핵개발정책）세울때〉。5月18日。
- ，1969，〈우리도 핵開發（핵개발）할수있다〉。1月15日。
- 한국원자력연구원，2019，《한국원자력연구원 60년사 1959-2019》。대전：한국원자력연구원。
- 홍덕화，2016，《한국 원자력산업의 형성과 변형：원전 사회기술체제의 산업 구조와 규제양식을 중심으로，1967-2010》。서울대학교대학원사회학과박사 학위논문。
- ，2019，《한국 원자력발전 사회기술체제：기술，제도，사회운동의 공동 구성》。과주：한울아카데미。
- Albright, David and Corey Gay. 1998. "Taiwan: Nuclear Nightmare Averted." *Bulletin of the Atomic Scientists* 54(1): 54-60.
- Albright, David and Andrea Stricker. 2018. *Taiwan's Former Nuclear Weapons Program: Nuclear Weapons On-demand*. Washington: Institute for Science and International Security.
- Amir, Sulfikar. 2010. "The State and the Reactor: Nuclear Politics in Post-Suharto Indonesia." *Indonesia* 89: 101-147.
- Amsden, Alice H. 1985. "The State and Taiwan's Economic Development." Pp. 78-106 in *Bringing the State Back In*, edited by Peter Evans, Dietrich Rueschemeyer, and Theda Skocpol. Cambridge: Cambridge University Press.
- . 1989. *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*. Oxford: Oxford University Press.
- Arnold, Walter. 1988. "Science and Technology Development in Taiwan and South Korea." *Asian Survey* 28(4): 437-450.
- Boardman, Robert and James F. Keeley. 1983. "Nuclear Export Policies and the Non-proliferation Regime." Pp. 3-14 in *Nuclear Exports and World Politics: Policy and Regime*, edited by Robert Boardman and James F. Keeley. London: MacMillan.
- Brenner, Michael J. 1999. *Nuclear Power and Non-proliferation: The Remaking of U.S.*

- Policy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cheng, Tun-Jen. 1993. "Distinctions Between the Taiwanese and Korean Approaches to Economic Development." *The Journal of East Asian Affairs* 7(1): 116-136.
- Cummings, Bruce. 1997. *Korea's Place in the Sun*. New York: W. W. Norton.
- DiMoia, John. 2010. "Atoms for Sale? Cold War Institution-Building and the South Korean Atomic Energy Project, 1945-1965." *Technology and Culture* 51(3): 589-618.
- Director of Central Intelligence. 1972. "Special National Intelligence Estimate: Taipei's Capabilities and Intentions Regarding Nuclear Weapons Development." November 1x.
- Fields, Karl J. 1995. *Enterprise and the State in Korea and Taiwan*. Ithaca: Cornell University Press.
- Fuhrmann, Matthew. 2009a. "Spreading Temptation: Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Agreements." *International Security* 34(1): 7-41.
- . 2009b. "Taking a Walk on the Supply Side: The Determinants of Civilian Nuclear Cooperation." *The Journal of Conflict Resolution* 53(2): 181-208.
- Greene, J. Megan. 2008. *The Origins of the Developmental State in Taiwan: Science Policy and the Quest for Modernization*. Cambridge: Harvard University Press.
- Ha, Young-sun. 1978. "Nuclearization of Small States and World Order: The Case of Korea." *Asian Survey* 18(11): 1134-1151.
- Hayes, Peter. 1992. "The Republic of Korea and the Nuclear Issue." *Pacific Focus* 7(1): 23-57.
- Hecht, Gabrielle. 2009. *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge: The MIT Press.
- Hersman, Rebecca K. C. and Robert Peters. 2006. "Nuclear U-Turns: Learning from South Korean and Taiwanese Rollback." *Nonproliferation Review* 13(3): 539-553.
- Hong, Sung Gul. 2011. "The Search for Deterrence: Park's Nuclear Option." Pp. 483-510 in *The Park Chung Hee Era: The Transformation of South Korea*, edited by Byung-Kook Kim and Ezra F. Vogel. Cambridge: Harvard University Press.
- Hsu, Kuang-Jung. 2015. "To Regulate or Not to Regulate: The Conundrum of Taiwan's Nuclear Power." *Asian Perspective* 39(4): 637-665.
- . 2017. "Control or Manipulation? Nuclear Power in Taiwan." Pp. 155-186 in *Learning from Fukushima: Nuclear Power in East Asia*, edited by Peter Van Ness and Mel Gurtov. Australia: Australian National University Press.
- Hymans, Jacques E. C., Seung-Young Kim, and Henning Riecke. 2001. "To Go or Not

- to Go: South and North Korea's Nuclear Decisions in Comparative Context.” *Journal of Asian and African Studies* 1(1): 91-153.
- IAEA. 2020. “Country Nuclear Power Profiles: Republic of Korea.” <https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/KoreaRepublicof/KoreaRepublicof.htm>
- . 2022. “Power Reactor Information System: Taiwan, China.” June 28, 2022. <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/cDetails2.aspx?current=TW>
- Joskow, Paul L. 1976. “The International Nuclear Industry Today: The End of the American Monopoly.” *Foreign Affairs* 54(4): 788-803.
- Keeley, James F. 2018. “Volume 1-The Treaty List Project.” In Scholars Portal Dataverse, <https://doi.org/10.5683/SP/EIWITW>
- Kim, Jong-dall and John Byrne. 1990. “Centralization, Technicization and Development on the Semi-Periphery: A Study of South Korea's Commitment to Nuclear Power.” *Bulletin of Science, Technology & Society* 10(4): 212-222.
- Kim, Sung Chull and Yousun Chung. 2018. “Dynamics of Nuclear Power Policy in the Post-Fukushima Era: Interest Structure and Politicisation in Japan, Taiwan and Korea.” *Asian Studies Review* 42(1): 107-124.
- Korea Electric Power Corporation. 2021. “Korea Electric Power Corporation and Its Subsidiaries: Consolidated Financial Statements.” [https://home.kepco.co.kr/kepco/cmnn/documentViewer.po?fn=BBS\\_202205161122087950&rs=/kepco/synap/doc](https://home.kepco.co.kr/kepco/cmnn/documentViewer.po?fn=BBS_202205161122087950&rs=/kepco/synap/doc)
- Kroenig, Matthew. 2010. *Exporting the Bomb: Technology Transfer and the Spread of Nuclear Weapons*. Ithaca: Cornell University Press.
- Kwon, Peter Banseok. 2018. “Mars and Manna: Defense Industry and the Economic Transformation of Korea under Park Chung Hee.” *Korea Journal* 58(3): 15-46.
- . 2020. “Building Bombs, Building a Nation: The State, Chaebö1, and the Militarized Industrialization of South Korea, 1973-1979.” *The Journal of Asian Studies* 79(1): 51-75.
- Lee, Byoung Whie. 1975. “Korea's Experiences in Implementing a Nuclear Power Programme.” *IAEA Bulletin* 17(1): 33-39.
- Lee, Chang Kun. 2007. “Korea's Nuclear Past, Present, and Future.” *21st Century Science & Technology*. Winter (2007-2008): 28-42. [https://21sci-tech.com/Articles%202008/Korea\\_Nuclear.pdf](https://21sci-tech.com/Articles%202008/Korea_Nuclear.pdf)
- Lee, Min. 2011. “The Past, Present and Future of Nuclear Power in Taiwan.” Pp. 163-189 in *Nuclear Energy Development in Asia: Problems and Prospects*, edited by Yi-chong Xu. Hampshire: Palgrave MacMillan.

- Lee, Yong S. 1997. "Technology Transfer and Economic Development: A Framework for Policy Analysis." Pp. 3-20 in *Technology Transfer and Public Policy*, edited by Yong S. Lee. Westport: Quorum Books.
- Leem, Sung-Jin. 2006. "Unchanging Vision of Nuclear Energy: Nuclear Power Policy of the South Korean Government and Citizens' Challenge." *Energy & Environment* 17(3): 439-456.
- Mack, Andrew. 1996. *Proliferation in Northeast Asia*. Washington: The Henry L. Stimson Center.
- MacKenzie, Donald and Graham Spinardi. 1995. "Tacit Knowledge, Weapons Design, and the Uninvention of Nuclear Weapons." *American Journal of Sociology* 101(1): 44-99.
- Mitchell, Derek J. 2004. "Taiwan's Hsin Chu Program: Deterrence, Abandonment, and Honor." Pp. 293-313 in *The Nuclear Tipping Point: Why States Reconsider Their Nuclear Choices*, edited by Kurt M. Campbell, Robert J. Einhorn, and Mitchell B. Reiss. Washington: Brookings Institution Press.
- Nam, Il-Chong. 2013. *2012 Modulization of Korea's Development Experience: Governance of SOEs and Public Institutions in Korea*. Seoul: Ministry of Strategy and Finance, Republic of Korea.
- New York Times. 1968a. "North Korean Says Aim Was to Assassinate Park." January 23.
- . 1968b. "Perplexing Questions: Explanation for the Failure to Prevent Capture of Pueblo May Await Inquiry." January 24.
- . 1976. "U.S. Finds Taiwan Develops A-fuel." August 29.
- Pak, Ik-su. 1965. "Peaceful Uses of Atomic Energy." *Korea Journal* 5(4): 13-16.
- Park, Chung-Taek. 1992. "The Experience of Nuclear Power Development in the Republic of Korea: Growth and Future Challenge." *Energy Policy* 20(8): 721-734.
- Paul, T. V. 2000. *Power versus Prudence: Why Nations Forgo Nuclear Weapons*. Montreal: McGill-Queen's University Press.
- Pollack, Jonathan D. and Mitchell B. Reiss. 2004. "South Korea: The Tyranny of Geography and the Vexations of History." Pp. 254-292 in *The Nuclear Tipping Point: Why States Reconsider Their Nuclear Choices*, edited by Kurt M. Campbell, Robert J. Einhorn, and Reiss B. Mitchell. Washington: Brookings Institution Press.
- Richelson, Jeffrey T. 2013. *Spying on the Bomb: American Nuclear Intelligence from Nazi Germany to Iran and North Korea*. New York: W. W. Norton.

- Roehrig, Terence. 2017. *Japan, South Korea, and the United States Nuclear Umbrella: Deterrence after the Cold War*. New York: Columbia University Press.
- Scitovsky, Tibor. 1985. "Economic Development in Taiwan and South Korea: 1965-81." *Food Research Institute Studies* 19(3): 215-264.
- Solingen, Etel. 2007. *Nuclear Logics: Contrasting Paths in East Asia and the Middle East*. Princeton: Princeton University Press.
- Sung, Chang Sup and Sa Kyun Hong. 1999. "Development Process of Nuclear Power Industry in a Developing Country: Korean Experience and Implications." *Technovation* 19(5): 305-316.
- The Washington Post. 1975. "Korea: Park's Inflexibility." June 12.
- . 1976. "Taiwan to Curb A-Role: Agrees to Halt Nuclear Fuel Reprocessing." September 23.
- Wade, Robert. 1990. *Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialization*. Princeton: Princeton University Press.
- Woo, Jung-en. 1991. *Race to the Swift: State and Finance in Korean Industrialization*. New York: Columbia University Press.
- World Nuclear Association. 2021. "Nuclear Power in Taiwan", December 2021. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/nuclear-power-in-taiwan.aspx>
- Yager, Joseph A. 1979. "The Nuclear Policies of the Republic of China and the Republic of Korea: A Comparative Analysis." *Asian Perspective* 3(1): 81-101.
- Yoshioka, Hitoshi. 2005. "Forming a Nuclear Regime and Introducing Commercial Reactors." Pp. 80-103 in *A Social History of Science and Technology in Contemporary Japan Volume 2: Road to Self-reliance 1952-1959*, edited by Shigeru Nakayama. Melbourne: Trans Pacific Press.
- Yun, Sun-Jin. 2015. "Korea's Nuclear Policy: Past, Present, Future." Pp. 117-169 in *KAS Journal on Contemporary Korean Affairs - Environmental Policy in South Korea: Problems and Perspectives*. Seoul: Konrad-Adenauer-Stiftung Korea Office.